المكتبة الثقافية
١٣٥

قصة الألمونيوم

الدكتور أنور محمود عبد الواحد

الثقافة والإرشاد القومي
الدار المصرية
للتأليف والترجمة

دار القلم

المكتبة الثقافية

- أول مجموعة من نوعها تحقق اشتراكية الثقافة
- تيسر لكل قارئ أن يقيم في بيته مكتبة جامعة تحوى جميع ألوان المعرفة بأقلام أساتذة ومتخصصين وبقرشين لكل كتاب
- تصدر مرتين كل شهر في أوله وفي منتصفه

الكتاب القادم

المدارس الفلسفية

للدكتور أحمد فؤاد الأهواني

١ يوليو ١٩٦٥

مطابع دار القلم

الثمن ٢ ص

المكتبة الثقافية
١٣٥

قصة الألمونيوم

الدكتور أنور محمود عبد الواحد

الثقافة والإرشاد القومي
الدار المصرية
للتأليف والترجمة

دار القلم

توزيع

دار القلم

١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة
ت ٥٥٠٣٢ — ٧٧٧٤١
طنطا ميدان الساعة
ت : ٢٥٩٤

١٥ يونية ١٩٦٥

مقدمة

هذا الكتاب الذى نقدمه قصة معدن لم يعرف على أساس تجارى إلا من حوالى ثلاثة أرباع القرن . وعلى ذلك فليس له ماض تليد ولا طرائف تاريخية كالتى نجدها للمعادن التى عرفها الإنسان منذ أقدم العصور . فليس للألمونيوم مثلا أصالة الذهب ولا عراقته ، أو أرستقراطية الفضة وبهاؤها. فإذا كان الأول يوصف بأنه ملك المعادن ، وإذا كانت الفضة توصف بأنها ملكتها ، فإن نصيب الألمونيوم من هذه الفخامة والرواء نصيب معدن أنزل من عرش الفخامة والبطالة إلى ميدان العمل والإنتاج والكفاح .

وللمعادن كما للناس أيام نعمى وبؤسى ، وعهود دعة وجد . فقد كان الألمونيوم يوما ما المعدن الغالى النفيس المقدم حتى على الذهب والفضة ، حيث كان الملوك والأباطرة يخصون أندادهم بصحاف وأوان مصنوعة من الألمونيوم مبالغة فى تكريمهم والحفاوة بهم ، فى حين يكتفى باوانى الذهب والفضة تقدم للأعيان والنبلاء ممن لا يعلون إلى مرتبة تناول الطعام فى صحاف الألمونيوم

وأوانيه ! ولم تجد شركة فرنسية فى عهد الألمونيوم « الذهبى » هدية أروع ولا أنسب من « شخشيخة » من الألمونيوم تقدم لولى عهد الجالس على عرش فرنسا ، ثمنها اليوم دراهم معدودات!

كذلك لم يكن للألمونيوم بأس الحديد وفتوحاته وتاريخه التليد . وإذا كان السيف الفولاذى هو الذى ثلّ على مر العصور عروش الأباطرة ، وهدم أواوين الأكاسرة ، وأدال دول القياصرة ، فلقد كان الألمونيوم خلال تلك العصور ثاويا فى التراب لا يجد من ينتزعه من مرقده أو ينقيه من أكاسيده وشوائبه حتى قيض الله له من يجلوه من تربته ويقيله من رقدته ويجعله للناس نافعا وصالحا فى عظائم الأمور وصغارها ، وحتى أصبح ينافس الفولاذ ذاته فى قوته ومتانته ، بل يفوقه فى خفة الوزن وبعض الخواص الأخرى .

وعندما بدأ الألمونيوم أن يأخذ مكانه الطبيعى بين المعادن ، عظمت هذه المكانة واتسعت آفاقها ، فرأيناه يكتسح الأوانى النحاسية بأوانيه اللامعة الخفيفة ، فأعفى ربة البيت من « مبيض النحاس » وعمله الدائب الدوار فى صحن البيت بين الرقص فى الحلل وإيقاد النار ومطاردة الدخان ، وأعفاها من « الزنجار » والطعام الفاسد ولمّا يمض على طهيه يوم أو بعض يوم ، ويسر لها الثلاجة

الكهربائية والمكنسة الأوتومائية وما نعرف وتعرفون من أساليب الحياة الميسرة المريحة .

ورأيناه كذلك يشق طريقه فى البر والبحر والجو فلولاه لما كانت الطائرات تشق عنان السماء فى كل لحظة من لحظات الليل والنهار . وفى الواقع فإن قصة الطيران الحديث هى قصة الألمونيوم ، ولا يمكن أن تروى إحداهما دون أن تتداخل فى الثانية . ولقد كان الطيران فى أوائل عهده مجرد مغامرات وتجاريب تعرض الناس للأخطار والدمار حتى جاء الألمونيوم فاستقام الطيران على جادة الهواء وأمن البشر على أنفسهم وأموالهم وبضائعهم ، فهى قد أصبحت تنتقل عبر القارات والمحيطات مطمئنة مكفولة السلامة .

ووجد الألمونيوم استعمالات عديدة فى السفينة والقاطرة والسيارة وثبتت أقدامه فى الصناعات الكيموية والكهربية والميكانيكية بحيث لايمكن تصور ما حدث فى هذه الصناعات من تطورات وابتكارات وأساليب دون الألمونيوم وسبائكه الفذة .

* * *

وقصة استخلاص الألمونيوم وانتاجه على أساس تجارى

هى الأخرى قصة مشوقة طريفة . وسنقرأ فى صفحات هذا الكتاب عن هؤلاء الأعلام الذين قيض الله لهم استخلاص هذا المعدن باساليب بسيطة نسبياً. ولقد كان أحدهم ، وهو الأمريكى شارل مارتن هول ، شابا لم يتعد الثالثة والعشرين من عمره حين جهز فى كوخ خشبى معملا متواضعا أجرى فيه تجاربه، تساعده أخته چوليا ، وتمكن بإستخدام التحليل الكهربى ومادة « الكريوليت » أن يبتكر الأسلوب الاقتصادى لإستخلاص الألمونيوم الذى لا يزال يستخدم حتى اليوم . وسنقرأ فى هذا الكتاب عن إحدى غرائب المصادفات فى تاريخ العلم ، إذا كان هناك شاب آخر ، هو « بول إيرو » — الذى ولد وتوفى فى نفس العامين اللذين ولد وتوفى فيهما هول — يجرى نفس التجارب على الجانب الآخر من المحيط الأطلنطى بفرنسا وتوصل إلى نفس النتائج فى نفس الوقت تقريبا : أتراها مجرد توارد خواطر — كما يقولون — أم ماذا . . . ؟

ولاترجع أهمية الألمونيوم إلى الفلز ذاته ، بل إلى سبائكه العديدة التى فتحت له آفاقا واسعة فى مختلف المجالات والاستعمالات . فهذه السبائك هى التى تتصف بالقوة والمتانة والخصائص التى تتفوق على كثير من خصائص المعادن التجارية

الأخرى . وكان لا بد لنا أن نقف وقفة قصيرة لنتحدث عن هذه السبائك وأنواعها ، وخاصة سبيكة « الدور ألومين » ، التى كانت من أوائل السبائك الألمونيومية ، ولقد أدى اكتشافها إلى معرفة ظاهرة من أهم الظواهر التى تستخدم فى تقوية الألومنيوم وزيادة متانته .

ويعرض الكتاب معلومات وطرائف عديدة عن تلوين الألمونيوم وزخرفته . ولقد انتشرت بيننا هذه الأوانى الألمونيومية الملونة بألوان جذابة ، ولعل من المشوق للقارئ أن يلم باطراف عن أساليب هذا التلوين . على أننا نود أن نشير إلى أن هذه الطبقات التى تكسو سطح الألمونيوم لا يقصد منها الأغراض الزخرفية فحسب ، بل إنها تستخدم أساسا فى تطبيقات صناعية هامة كما سنرى .

كذلك رأينا أن نتحدث عن بعض استعمالات مساحيق الألمونيوم ، وهى استعمالات هامة سواء فى المجالات الحربية والمدنية ، قد يشوق القارئ الإلمام بها .

وبعد ، فلقد كانت المشكلة الأولى التى واجهتنا عند تصنيف هذا الكتاب هى جعله مناسبا لمستوى المكتبة الثقافية ذلك لأن الحديث عن استخلاص الألمونيوم ، وسبائكه المختلفة ، ومعاملاته

الحرارية ، استلزم منا أن نلمس بعض هذه الموضوعات من جوانبها العلمية. وفى ذلك توخينا التبسيط بقدر المستطاع وبالقدر الذى لا بد منه ليستقيم فهم النواحى الفنية والتكنولوجية . ويمكننا القول أنه مامن مصطلح أو أسلوب صناعى ورد فى هذا الكتاب يعلو عن معارف أبنائنا من طلاب المدارس الثانوية . .

ومع ذلك ففى اعتقادنا أن القارىء العادى الذى يبتغى الثقافة الجادة يستطيع بشىء من المثابرة والتركيز أن يلم بفصول الكتاب وموضوعاته إلماما جيدا يوقفه على كثير من الحقائق والمعلومات المتعلقة بالألمونيوم ، هذا المعدن الممتاز الذى تتزايد أهميته يوم بعد يوم.

د . أنور محمود عبد الواحد

الألمونيوم والحضارة

إذا كان الصلب يعتبر مقياساً لحضارة الأمم وتقدمها ، فإن الألمونيوم يعتبر مقياساً لرفاهيتها وقوتها على السواء .

ولقد أنتج الحديد على نطاق صناعى منذ مئات السنين وقبل معرفة فلز الألومونيوم ، ويرجع ذلك إلى وجود أكاسيد الحديد فى الطبيعة بحالة تسمح بوضعها فى الأفران مباشرة لاستخلاص المعدن ، بخلاف أكاسيد الألمونيوم التى يلزم أولا تنقيتها من شوائبها ثم معالجتها بطرق معقدة مرتفعة التكاليف ليمكن اختزالها واستخلاص الفلز . ولم يتيسر إنتاج الألمونيوم على أساس تجارى اقتصادى إلا فى أواخر القرن القرن التاسع عشر عندما أتيح التيار الكهربى بفضل اختراع الدينمو ، وعندما توصل كل (هول) و (إيرو) إلى اكتشاف الطريقة التى تعرف بإسميهما ولا تزال تستخدم حتى الآن على نطاق عالمى .

وعلى ذلك يمكن القول بأن الألمونيوم لم يتوفر للناس

بسعر معقول إلا حوالى ثلاثة أرباع قرن ، ولكن لم تصل الأدوات المنزلية التى صنعت منه حينئذ إلى حد الكمال ، إذ كانت تتآكل وتتشدخ بصورة ملحوظة لعدم نقاء المعدن من الشوائب التى كانت تترك مختلطة به ، كما وجد أن فلز الألمونيوم على درجة كبيرة من الليونة تجعله غير صالح للأغراض المختلفة . ثم تمكن مهندسو المعادن بعد ذلك من تقوية الألمونيوم بإضافة عناصر معينة إليه فأنتجوا سبائك منه تكاد تماثل الصلب فى متانتها وقوتها وإن كانت لا تتجاوز ثلثه فى الوزن .

ومنذ أن أنتج الألمونيوم وسبائكه على أساس تجارى ، أصبح هذا المعدن منافساً خطيراً للحديد والصلب ، ويرجع ذلك إلى وفرة خاماته فى الطبيعة ، بل هى أوفر خامات الفلزات على الإطلاق ، إذ تحتوى القشرة الأرضية على حوالى ٨ فى المائة من الألمونيوم ، مقابل حوالى ٥ فى المائة وإلى خفة وزنه ومتانته ومقاومته للتآكل ، وتوصيليته العالية للحرارة والكهربا ، وقابليته الجيدة للشد والمطل ، علاوة على التنوع الكبير فى سبائكه مما يجعلها تصلح لعدد ضخم من الاستخدامات والتطبيقات .

ولقد تعددت وتنوعت الآن منتجات الألمونيوم بحيث يصعب حصرها وإحصاؤها . ويقال إن له أكثر من ثلاثة آلاف من الاستعمالات المختلفة فى الصناعة . وقد يصعب تصديق ذلك ، ولكننا نستعمل فى حياتنا اليومية أنواعا وأشكالا متعددة من الألمونيوم . فنستعمل رقائقه فى تغليف السجائر والحلوى وتصنع الأوانى والقوارير ومعدات الطهى ، من ألواحه ، كما تصنع من هذا المعدن كذلك أنابيب معاجين الأسنان وصابون الحلاقة وأدوات الزينة وكثير من الأوعية المستخدمة فى صناعة الأدوية . وليس هذا إلا جزءاً ضئيلا جداً من الاستعمال الضخم للألمونيوم . فبالإضافة إلى أنه المعدن المثالى لتعبئة وتغليف الأغذية والأدوية ، نجد أنه يستعمل على نطاق واسع فى صناعة الطائرات ، إذ يستعمل فى صناعة مراوحها ومحركاتها وأجنحتها وكثير من أجزائها الإنشائية الأخرى ، كما يدخل فى بناء السفن وإنشاء المبانى ، فتصنع منه الأبواب وإطارات النوافذ والهوايات ومئات من الأجزاء المماثلة . ويتزايد استعمال الألمونيوم فى صنع الهياكل المعدنية للسيارات والجرارات واللوارى ، والأجهزة والتروس، وفى انشاء القطارات الإنسيابية عالية السرعة ، وفى بناء

الكبارى والجسور، وأعمدة الإنارة والأبراج الحاملة لكبلات التيار عالى الضغط ، علاوة على هذه الكبلات ذاتها ، وغيرذلك مما ترويه قصة هذا المعدن النافع الهام .

وتتنافس شركات صناعة الألمونيوم فى إنتاج العدد العديد من منتجاته ، متفننة فى إنتاج سبائك وأشكال منه تصلح لكل غرض وتتحدى المنتجات المعدنية الأخرى .

الألمونيوم فى القشرة الأرضية

أكثر العناصر وفرة فى القشرة الأرضية الأكسچين ، ويليه السليكون . وهذان العنصران يكونان معا ثلاثة أرباع القشرة الأرضية، ثم يأتى بعدهما مباشرة الألمونيوم بنسبة ٨ ٪ تقريبا وبذلك فهو أكثر المعادن انتشارا فى القشرة الأرضية ، ويليه الحديد فالكلسيوم فالصوديوم فالبوتاسيوم فالمجنزيوم ، بحيث تمثل هذه العناصر الثمانية حوالى ٩٩ ٪ من المجموعة ، وتشترك جميع العناصر الأخرى فيما لا يكاد يتجاوز ١ ٪ من القشرة الأرضية ، بينما يبلغ مجموعها حوالى ٩٠ عنصرا بما فى ذلك المعادن المألوفة مثل النحاس والرصاص والزنك والقصدير وغيرها .

ولايوجد الألمونيوم فى الطبيعة منفردا بحالته الفلزية ، بل يوجد على هيئة أكسيد أو سليكات فى التربة الزراعية وفى معظم الصخور ، وهو عنصر أساسى فى جميع أنواع الطين . والطَّفل المعتاد يحتوى على أكسيد الألمونيوم مختلطا بمواد ملونة مختلفة .

خامات الألمونيوم :

يحصل غالبا على الألمونيوم اللازم لأغراض الصناعة والتجارة من خام واحد هو البوكسايت ، ويتفاوت لونه بين الأبيض غير الناصع والرمادى ، ويتغير لونه من الأصفر إلى البنى والبنى الأحمر فى حالة وجود الشوائب الحديدية ، وعلى حسب نوع وكمية هذه الشوائب .

وتستعمل أنواع أخرى من خامات الألمونيوم على نطاق يتزايد يوما بعد يوم فى إنتاج الفلز بحيث يؤكد العلماء أن البوكسايت لن يحتفظ فى المستقبل بمكان الصدارة بوصفه الخامة الأولى لإستخلاص الألمونيوم .

ومن أمثلة هذه الخامات ، « اللوسايت » (سليكات الألمونيوم والبوتاسيوم) ، و « النفلين » (سليكات الألمونيوم والصوديوم) ، والكريوليت ، والأندلوسايت والألونايت ، والكورندم .

تاريخ استخلاص الألمونيوم

كان أكسيد الألمونيوم « الألومنيا » معروفا منذ قرون عديدة ، إذ أنه يوجد فى الطبيعة على هيئة بلورات خالية من الماء تكون تارة صافية عديمة اللون كما فى الزبرجد ، وتارة تكون ملونة بألوان مختلفة لما بها من شوائب كالياقوت الأحمر والصفير الأزرق «الزفير أو الياقوت الأزرق » والزمرد الأخضر وغير ذلك من الأحجار الكريمة . وكان — ولايزال — هذا الأكسيد يعرف باسم مشتق من كلمة (Luman) اللاتينية ومعناها « نور » وذلك بسبب مالوحظ من أن مواد التلوين التى كانت بعض أملاح هذا المعدن تدخل فى تركيبها تكسب الأشياه التى تدهن بها ألوانا فاتحة .

ولقد رجح الكيميون من بداية القرن الثامن عشر وجود معدن جديد هو الألمونيوم . وتحقق الكيموى الألمانى أندريا سجمند مارجراف (١٧٠٩ — ١٧٨٢) من أن الألمونيوم هو أحد مكونات الشبه .

وفى عام ١٨٠٦ أعلن العالم الإنجليزى سير همفرى دفى (١٧٧٨ — ١٨٢٩) أنه أجرى محاولات لاستخلاص

المعدن الجديد ، وقال إنه لو كان قد نجح في اختزال أكسيده اسمى الفلز الناتج « ألمنيوم » .

وفى عام ۸۲٥ ألقى العالم الدنمركى هانز كريستيان اورستد (۱۷۷۷ — ۱۸٥۱) محاضرة مستفيضة فى المجمع العلمى بكوبنهاجن عرض فيها سلسلة من بحوث كيموية قام بها أوصلته إلى التجربة النهائية التى مكنته من اختزال الألومنيا . وكان أورستد فى الواقع أول من حضر مسحوقا معدنيا غير نقى من الألمونيوم

وفى عام ۱۸۲۷ أعاد العالم الألمانى فريدريش ڤوهلر (۱۸۰۰ — ۱۸۸۲) تجربة أورستد ، ولكنه قرر أنه لم يتمكن من اختزال الألومنيا إلا بعد أن استبدل بعض المواد الكيموية التى استعملها أورستد مواداً أخرى ، فانفصل الفلز عن الأكسچين وظهر على هيئة مسحوق رمادى اللون .

وأجرى هذا العالم مرة أخرى عام ١٨٤٥ عدة بحوث فى معامل جامعة جوتنجن بالمانيا تمكن فيها من الحصول على الألمونيوم على هيئة كريات دقيقة لا يزيد حجم الواحدة منها عن رأس دبوس كبير .

وأخذ ڤوهلر اثنتين من هذه الكريات وزنها ۳۲ مليجرام ، وطرقهما معا طرقا شديداً ، ثم حسب وزنهما النوعى ، فوجده

٢ر٥٠، ثم أعاد التجربة مستعملا ثلاث كريات أخرى بلغ وزنها ٣٤ مليجرام فوجد أن هذا الوزن ٢ر٦٧ ومما يدعو إلى الإعجاب أنه رغم كميات المعدن متناهية الضآلة التى أجرى عليها ڤوهلر تجاربه فإن الوزن الذى حدده فى تجربته الثانية لا يكاد يختلف عن الوزن الحقيقى للألمونيوم .

وينقسم مؤرخو العلوم وعلماء الغرب اليوم إلى فريقين ، أحدهما يتحمس لأورستد بوصفه مكتشف الألمونيوم ، والفريق الثانى ينسب هذا الشرف إلى ڤوهلر . ولكن مما لا شك فيه أن ڤوهلر هو أول من لفت الأنظار إلى خواص هذا الفلز الجديد .

* * *

وأجرى العالم الفرنسى سان كاير ديڤيل (١٨١٨ — ١٨٨١) عدة بحوث لاستقصاء الطرق الممكنة لاستخلاص الفلز بطريقة تجارية . وأعلن ديڤيل عام ١٨٥٤ فى المجمع العلمى الفرنسى أنه أدخل تعديلا على طريقة ڤوهلر تمكن به من الحصول على الألمونيوم بكميات أوفر وبتكاليف أكثر اقتصادا واتضح أن هذا التعديل على درجة عظيمة من الأهمية بحيث يمكن اعتباره نقطة تحول فى تاريخ استخلاص الألمونيوم .

فلقد ابتكر ديفيل أولا طريقة لصنع المـادتين الخامتين الأوليين اللازمتين لصنع الألمونيوم وهما الصوديوم وكاوريد الألمونيوم . فبتسخين كربونات الصوديوم مع الفحم الخشبي ، تمكن من انتاج الصوديوم بتكلفة معقولة لا تتجاوز ثلاثين فرنكا للرطل الواحد . وحصل على الألومينا النقية من خامة البوكسايت .

وتمكن ديفيل فى مسبك « سالندر » بباريس من انتاج الألمونيوم بطريقة معملية بحته . وكانت التفاعلات تتم فى مجموعة متتالية من الأنابيب المصنوعة من الزجاج « البوهيمى » مسخنة فوق الفحم الخشبي . وتمكن ديفيل من إنتاج حوالى ٥٠ طنا من الألمونيوم بهذا الأسلوب خلال الأعوام ١٨٨٥ — ١٨٨٨ ، وفى خلال هذه الفترة هبط سعر الرطل الواحد من المعدن من حوالى ١٠٠٠ فرنك إلى ٣٠٠ تقريبا ، وكان متوسط درجة نقائه حوالى ٩٧ فى المـائة .

وقدم ديفيل بعض ما استخلصه من هـذا المعدن إلى زوار معرض باريس عام ١٨٥٥ ، وأوضح لهم خفة وزنه وخواصه المميزة الأخرى . فعقدت الدهشة ألسنة الحاضرين وعدوه من المعادن الكريمة . وبلغ من علو منزلة هذا المعدن ونفاسته أن

الشركات كانت تتقاضى أجوراً مرتفعة للتأمين عليه ، مثله فى ذلك مثل الذهب والبلاتين والأحجار الكريمة . وكان الإمبراطور نابليون الثالث يقدم الطعام لضيوفه من الأعيان والنبلاء فى صحاف وأكواب من الذهب والفضة ، بينما كان يخصص للملوك ولأباطرة أدوات مائدة مصنوعة من الألمونيوم ، زيادة فى الحفاوة بهم ومبالغة فى تكريمة . وعندما أراد هذا الإمبراطور أن يوثق صلاته مع ملك سيام فى ذلك الحين لم ير أنسب من أن يقدم له ساعة غطاؤها من الألمونيوم . كما أن شركة فرنسية أرادت أن تقدم هدية لولى عهده الطفل ، فلم تجد أنسب من « شخشيخة » مصنوعة من الألمونيوم ، لا تساوى اليوم أكثر من بضعة قروش !

ولقد احتفى أعضاء المجتمع العلمى الفرنسى بزميلهم الأستاذ وجمعوا له فيما بينهم ٣٠٠٠ فرنك قدموها هدية له ، تقديرا منهم لبحوثه عن الألمونيوم ، وتمكينا له من الاستمرار فيها .

ورغم الهبوط الكبير فى سعر هذا المعدن ، إلا أنه ظل مع ذلك مرتفعا بالنسبة للمعادن الأخرى. لهذا أخذ عشرات الباحثين يستخرجون براءات الاختراع لكل ما يبتكرون أملا منهم فى استغلاله تجاريا عندما تسنح الفرصة لذلك .

ولقد كانت طريقة « سان كلير ديفيل » مرتفعة التكاليف . ولحسن الحظ تمكن « كارل باير » من ابتكار طريقة جديدة لاستخلاص الألومينا النقية من الخام لم تكن معقدة بالمرة . وتعتبر طريقة باير هى الطريقة الأساسية التى تستعمل الآن على نطاق عالمى لتجهيز الألومينا : وسنتناول هذه الطريقة بتفصيل أكثر فى الفصل الخاص باستخلاص الألمونيوم .

وبجانب طريقتى « ديفيل » و « باير » لتجهيز الألومينا فلقد ابتكرت طرق استعملت لبعض الوقت ولكنها تكاد تنقرض الآن .

* * *

ويجدر بنا أن نشير إلى طريقة تستخدم فى الاتحاد السوفيتى لتحضير الألومينا . والخام المستعمل فى هذه الطريقة هو خام النفلين بعد تركيزه . وطريقة الحصول على خام النفلين المستخدمة حالياً هى استخدام صخور الأباتيت المختلط بخام النفلين ، ويسمى الخام « الأباتيت — نفلين » ، حيث يكسر الصخر ويطحن ثم يفصل الإباتيت عن النفلين بطريقة التعويم . ويستعمل الإباتيت فى صناعة سمات الفوسفات . كذلك يوجد خام النفلين على حدة أيضا ، ويجرى استخدامه بعد تركيزه . ويتلخص امتياز هذه

الطريقة فى استخلاص كل المركبات الكيموية الموجودة فى النفلين ، ويكون استخلاصها على هيئة منتجات صناعية هامة أهمها الصودا والبوتاس والأسمنت وذلك بعد إضافة الحجر الجيرى وبعض المواد الأخرى كالبوكسايت وأكسيد الحديد المركز .

ولقد أنشئت فعلا فى الاتحاد السوفيتى مصانع لاستخلاص الألومنيا من النفلين . وتتلخص الطريقة فى خلط النفلين المركز مع الحجر الجيرى والماء ومحلول آخر ، ثم يمرر المخلوط فى طواحين لطحنه وخلطه جيداً . بعد ذلك يشحن فى فرن إلى درجة حرارة من ١٢٩٠ إلى ١٣٣٠ مئوية . ويعامل الناتج بعد التسخين بوساطة محلول قلوى ، ثم يخلط جيداً فى خلاط ويرشح للحصول على خبث النفلين الذى يستعمل فى صناعة الأسمنت ، أما المحلول فيحتوى على أكسيد الألومنيوم وأكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم . ويمرر المحلول فى مستودع تحت ضغط «اوتوكلاف» ، حيث يرسب أيدروكسيد الألمونيوم ، للحصول على كربونات الصوديوم والبوتاسيوم على هيئة محلول . وبإجراء عملية ترشيح يفصل أيدروكسيد الألمونيوم الذى تجرى عليه عملية تكليس عند درجة ١٢٠٠ مئوية للحصول على أكسيد الألمونيوم « الألمونيا » . بعد ذلك تفصل كربونات

الصوديوم عن كربونات البوتاسيوم بوساطة عدة عمليات تركيز وبلورة .

وفى هذه الطريقة نحصل من ٤ أطنان من النفلين المركز و ١٥ طناً من الحجر الجيرى على طن واحد من الألومينا . وطن واحد من البوتاس والصودا و ١٠ أطنان من الأسمنت .

* * *

روينا فيما سبق القصة العلمية لاستخلاص الالومينا من خامات الالمونيوم ، وأشرنا إلى أن طريقة « باير » هى التى تتفوق — حتى الآن — على جميع الطرق الاخرى ، بحيث تعتبر حالياً الطريقة الأساسية العالمية للحصول على الألومينا .

والمرحلة الثانية لإنتاج الألمونيوم هى استخلاص هذا المعدن من الألومينا ، أى أكسيد الألمونيوم . وفى الواقع لم يكن لجميع الأساليب التى تنبنى على اختزال الألومينا بوساطة الصوديوم أية قيمة تجارية . وفى نفس الوقت ، كانت القدرة الكهربية قد أصبحت متاحة بفضل اختراع المولد الكهربى « الدينمو » ، فاتجه العلماء إلى استخدام هذه القدرة فى ابتكار أسلوب اقتصادى لإنتاج الالمونيوم من الالومينا بوساطة التحليل الكهربى .

ومن غرائب المصادفات فى تاريخ العلم أن الشخصين اللذين وفقا إلى الطريقة الصائبة لاختزال الألومينا بالتحليل الكهربى ولدا فى عام واحد (١٨٦٣) وتوفيا فى عام واحد (١٩١٤)، وأن كلا منهما كان يعمل مستقلا عن الآخر تمام الاستقلال، دون أن يدرى شيئاً عما يجريه زميله على الجانب الآخر من المحيط الاطلنطى . إذ كان أحدهما ، وهو « شارل مارتنى هول » يجرى تجاربه فى الولايات المتحدة الأمريكية ، والآخر « پول لوبى توسان إيرو » فى فرنسا . وفى عام ١٨٨٦ أعلن كل منهما اكتشافه لطريقة التحليل الكهربى المباشرة ، وهى الطريقة التى ظلت تستخدم من ذلك الحين حتى وقتنا الحالى لاستخلاص الألومنيوم . ولقد نجحت هذه الطريقة منذ أول استخدامها نجاحا تاما ، إذ أمكن بوساطتها إنتاج الألمونيوم بسعر اقتصادى لا تنافسه الطرق الكيموية ، مما اضطر آخر مصنع فى الولايات المتحدة لإنتاج الألمونيوم بالطرق الكيموية إلى غلق أبوابه عام ١٨٩١ .

ولقد كان « شارل هول » طالبا فى كلية أوبرلين بولاية أوهايو عندما تحقق من وجود الألمونيوم فى الطَّفل ، وكان متأكدا من أنه أكثر المعادن وجودا فى القشرة الأرضية ، وعلى

ذلك شرع فى العمل لإنتاجه بكميات كبيرة . وأنشأ معمله الخاص فى حظيرة خشبية ملحقة بمنزله ، حيث صهر بعض « الكريوليت » فى وعاء صغير وأذاب مقدارا من أكسيد الألمونيوم فيه وكان الشاب « هول » على علم بنجاح سير همفرى دافى فى إنتاج الصوديوم والبوتاسيوم بالتحليل الكهربى للأملاح الفلزية ، فمرر تيارا كهربياً مستمرا خلال المحلول ، وكان سروره بالغا عندما وجد أن أكسيد الألمونيوم قد انفصل إلى أكسجين وألمونيوم فلزى .

وفى نفس الوقت أدى « بول إيرو » نفس التجربة فى فرنسا ، وبذلك اكتشفا هذه الطريقة الاقتصادية لإنتاج الألمونيوم دون أن يعلم أحدهما ما يؤديه الآخر . ولقد تم إنتاج الألمونيوم بهذه الطريقة يوم ٢٣ فبراير عام١٨٨٦ الذى يعتبر تاريخ بداية صناعة الألمونيوم ، ومنذ ذلك اليوم أطلق على هذه الطريقة اسم طريقة « هول — إيرو » .

* * *

وتعتمد أهمية هذه الطريقة على عاملين مهمين ، أولهما — كما أسلفنا القول — استعمال محلول تحليل كهربى « الكتروليت » يتكون من الألومينا مذابة فى الكريوليت المنصهر ، والعامل

الثانى : هو استعمال هذا الكريوليت المنصهر ، دون أية مادة أخرى . فما هى قصة الكريوليت ؟

يوجد المصدر التجارى الوحيد للكريوليت بمنطقة ايفجت على شاطىء جزيرة جرينلد الغربى . وكلمة « كريوليت » يونانية معناها « الصقيع » و « الحجر » وسمى كذلك لشبهه بالجليد . والكريوليت يتكون كيمويا من فلوريد ثنائى من الألمونيوم والصوديوم .

ولقد ظل الكريوليت الطبيعى المستورد من جزيرة جرينلد هو المادة المستعملة حتى نشوب الحرب العالمية الثانية . ومن الطريف أن وجود الكريوليت فى جزيرة جرينلد كان من العوامل الهامة التى دفعت الحلفاء إلى التعجيل باحتلال هذه الجزيرة فى مستهل هذه الحرب العالمية ، وذلك حتى يحرم الألمان من الحصول على هذه المادة الهامة فيتعرقل إنتاجهم للألمونيوم وبالتالى تتوقف صناعة الطائرات الألمانية ، ولكن اتضح بعد ذلك أن الألمان كانوا قد أعدوا لهذا الاحتمال عدته ، فأنتجوا احتياجاتهم من الكريوليت بطريقة صناعية . ومعظم الكريوليت الذى يستعمل حاليا لإذابة الألومينا يحضر اصطناعيا ، وذلك لارتفاع سعر الكريوليت الطبيعى وصعوبة استيراده .

وللكريوليت استعمالات أخرى علاوة على استعماله فى صناعة الألمونيوم . فيستعمل فى صناعة المينا التى تكسى بها الأدوات المصنوعة من الحديد والصلب ، وفى صناعة الزجاج الأبيض واللامع ، كما يستعمل مادة عازلة كهربياً ومبيدا للحشرات ولتنظيف سطوح المعادن وبجانب هذا فهو مصدر هام للفلور .

ويمكن القول من الناحية الصناعية أن الخطوات التفصيلية لأسلوب « إيرو » فى فرنسا حسنت من أسلوب « هول » تحسينا اقتصاديا كبيراً . وأنتج الألمونيوم فى أوانة ليعنى باحتياجات صناعة الطائرات .

ولقد شغلت « خلايا » إيرو لأول مرة تجاريا عام ١٨٨٧ فى نويها وزن بسويسرا بوساطة الشركة الميتالرجية السويسرية ، وبعد ذلك بزمن قصير أنشأ « بيشينى » مصنعا فى مدينة فروج بفرنسا . وبدأ الإنتاج لأول مرة فى الولايات المتحدة عام ١٨٨٨ ، وفى انجلترا عام ١٨٩٦ ، وإن ظلت صناعة الألمونيوم السويسرية هى المنتج الرئيسى للمعدن خلال أعوام طويلة . ولقد استعمل الألمونيوم فى صنع موصلات الخطوط التليفونية عام ١٨٩٦ بشيكاغو ، وفى صنع بعض قوارب الطور بيد ، وكذلك فى صنع الأوانى والصحاف ومعدات الطهى . ولم يكد

يحل عام ١٩١٤ حتى كان هناك حوالى ١٠٠٠ فرن كهربى لإنتاج الألمونيوم بالعالم .

ويكفى للدلالة على الثورة الصناعية التى أحدثتها طريقة « هول — إيرو » أن نشير إلى أن إنتاج الألمونيوم فى العالم عام ١٨٥٠ كان بضع مئات من الأرطال فحسب ، وبلغ هذا الإنتاج العالمى عام ١٨٧٥ ، طنين ونصف طن ، ثم قفز إلى ٧٣٠٠ طن عام ١٩٠٠ ، ووصل الإنتاج إلى حوالى ١٥٠٠٠٠ طن فى ختام عام ١٩١٨ ، وبلغ نصف مليون طن تقريباً فى نهاية عام ١٩٤١ .

* * *

سنرى فى الفصول القادمة أن الألمونيوم قد احتل مكانته التى يتبوأها بفضل سبائكه التى تتميز بخواص ميكانيكية أفضل بكثير من خواص المعدن النقى . ونذكر بالذات سبيكة من أشهر سبائك الألمونيوم وأكثرها استعمالا فى الأغراض الإنشائية ، ونعنى سبيكة « الدور ألومين » .

ولقد لعبت المصادفة دورها فى اكتشاف هذه السبيكة ، إذ حدث عام ١٩٠٦ أن كان العالم الألمانى دكتور ألفريد ڤيلم يقوم بعمل بحث على سبيكة من الألمونيوم تحتوى على النحاس

والمجنزيوم ، وذلك برفع درجة حرارتها إلى حد معين ثم اختبارها بعد سقايتها فى المـاء مباشرة ، وذلك لمعرفة مدى تأثير المعادن المضافة إلى الألمونيوم على درجة متانة السبيكة عند معاملتها بهذه الكيفية . وذات يوم أجرى هذا العالم إحدى تجاربه على عينة مأخوذة من هذه السبيكة ، وسجل البيانات التى يريدها . وبعد بضعة أيام داخله الشك فى دقة البيانات التى دونها فأعاد التجربة على نفس عينة الاختبار . وكانت دهشته بالغة عندما لاحظ ازديادا ملحوظا فى متانة السبيكة ، فأجرى عدة تجارب أخرى إلى أن تحقق من صحة الظاهرة التى لاحظها، وهى ازدياد متانتها بعد مضى بعض الوقت . وأصبحت تعرف هذه الظاهرة بعد ذلك باسم « التصلد بالإزمان » ، واستخدمت على نطاق واسع بمثابة أسلوب أساسى لتقوية الألمونيوم وكثير من المعادن الأخرى .

وفى عام ١٩٠٩ قدم دكتور ڤيلم نتائج بحوثه إلى شركة تشتغل بإنتاج الألمونيوم فى مدينة دورين بألمـانيا بقصد استغلالها . ورحبت الشركة ترحيباً كبيراً بهذه السبيكة الجديدة عظيمة المتانة ، وأطلقت على إنتاجها من سبائك الألمونيوم المعالجة بطريقة دكتور ڤيلم الإسم التجارى « دور ألومين » ، وهو

اختصار لكل من إسمى مدينة دورين والمعدن الرئيسى فى السبيكة . وما لبث هذا الإسم أن أصبح يطلق بوجه عام على هذا النوع من سبائك الألمونيوم التى تحتوى على النحاس والمجنزيوم . ولا يزال هذا الإسم يطلق على السبائك الحديثة المحتوية على النحاس والمجنزيوم، رغم أنها تحتوى الآن على معدن ثالث هو المنجنيز .

استخلاص الألمونيوم

استعرضنا

في الفصل الخاص بتاريخ استخلاص الألمنيوم الأساليب والتطورات التي أجريت على هذه الصناعة حتى تبلورت واشتدت على المرحلتين اللتين تستخدمان الآن عالمياً لاستخلاص المعدن من خاماته .

فالمرحلة الأولى هي التخلص من الشوائب الموجودة في الخام ، والحصول على أكسيد الألمنيوم (الألومينا) نقياً .

والمرحلة الثانية هي اختزال أكسيد الألمونيوم الناتج من المرحلة الأولى والحصول بذلك على الألمونيوم الغازى .

وسنتناول الآن بشيء من التفصيل كلا من هاتين المرحلتين :

استخلاص أكسيد الألمونيوم من خامات البوكسايت :

تبدأ العملية الأولى من عمليات معالجة البوكسايت بغسله جيداً للتخلص مما هو عالق به من مواد غريبة ، ثم يجفف ويطحن والغرض من عملية الطحن يتسير العمليات التالية وجعلها تسير على أتم وجه وأكمله .

ويوضع البوكسايت المطحون بعد ذلك فى مستودع تحت ضغط به محلول ساخن من الصودا الكاوية بمقادير تتوقف على التركيب الكيموى للبوكسايت ، وذلك لفترات تتراوح بين ساعتين وبين ثمانى ساعات عند درجة حرارة ١٥٥ مئوية تقريبا وتحت ضغط يتراوح بين ٣٫٥ و ٤٫٥ كيلو جرام على السنتيمتر المربع . ومن خواص الصودا الكاوية أنها تتفاعل مع أكسيد الألمونيوم ، فى حين أنها لا تكاد تتفاعل مع المواد الأخرى التى يتركب منها البوكسايت ، فينتج عن ذلك ألومنيات الصوديوم ، وهو مركب سهل الذوبان فى الماء فنحصل على محلول ألومنيات الصوديوم . أما مواد خام البوكسايت الأخرى فتترسب . وبذلك إذا أجرى ترشيح لمحتويات المستودع يمكن التخلص من الرواسب ، أى من شوائب البوكسايت .

والخطوة التالية من خطوات هذه المرحلة الأولى هى إضافة كمية من بلورات إيدرات الألمونيوم (تكون ناتجة من عملية إنتاج سابقة) إلى محلول ألومنيات الصوديوم ، لتكون هذه البلورات بمثابة بذور أو نويات بتلر . ويقلب المحلول جيداً ثم يترك ليبرد تدريجياً ، فتترسب إيدرات الألمونيوم الموجودة به على هيئة بلورات .

وبإجراء عملية ترشيح نحصل على إيدرات الألمونيوم التى تغسل بعد ذلك جيداً ثم توضع فى فرن تكليس تبلغ درجة حرارته حوالى ١٠٠٠ مئوية إلى أن يتبخر الماء المتحد كيمويا فى إيدرات الألمونيوم ، ويتبقى أكسيد الألمونيوم الذى يكون على درجة كبيرة من النقاء .

اختزال أكسيد الألمونيوم :

كان طبيعياً أن يتجه العلماء إلى طريقة التحليل الكهربى للحصول على الألمنيوم الفلزى من أكسيده ، وذلك لأن هذه الطريقة نجحت فى حالات استخلاص معادن أخرى كثيرة نجاحا تاما . ولم يكن الأمر يتطلب أكثر من إذابة أكسيد المعدن المراد اختزاله فى حمض مخفف ، فينتج محلول مائى به ملح من أملاح المعدن . وبتمرير تيار كهربى فى المحلول ينفصل المعدن عن ملحه ويترسب .

ولكن لم تنجح هذه الطريقة فى حالة استخلاص الألمونيوم ، لأن هذا المعدن أكثر شراهة من الأيدروجين للاتحاد بالأكسجين ، فإذا مر تيار كهربى فى المحلول ، وانفصل

الألمونيوم عن ملحه فإنه يتحد فوراً مع الاكسجين الموجود بماء المحلول مكونا أكسيد ألمونيوم ثانية ، وبذلك لا نحصل على أية نتيجة .

والانتصار الحقيقي لكل من « هول » و « إيرد » — انظر الفصل التاريخي — هو أنهما استنتجا أنه يلزم لنجاح عملية الاختزال بهذه الطريقة وجود مذيب مناسب غير الحمض المخفف لإذابة الأكسيد المراد اختزاله . وكان هدفهما التوصل إلى مذيب تتوافر فيه الشروط التالية :

١ — أن تكون درجة حرارة انصهاره غير مرتفعة نسبياً .

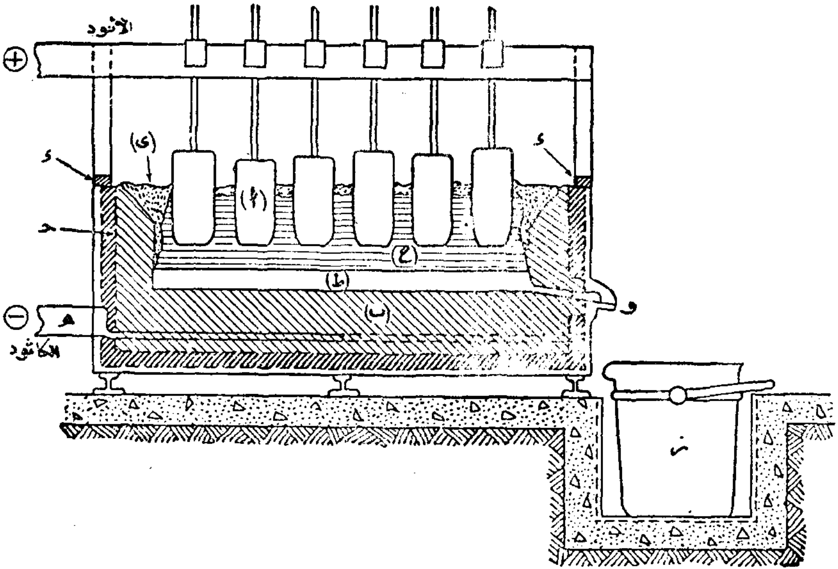
٢ — أن يكون قادراً على إذابة كميات كبيرة من أكسيد الألمونيوم .

٣ — أن لا يتفاعل مع المعدن المستخلص .

٤ — أن تكون مقاومته للتحلل الكهربي أعلى من مقاومة الأكسيد .

٥ — أن يكون وزنه النوعي بحيث يطفو فوق المعدن المستخلص ، وبذلك يعمل على حمايته من التأكسد بأكسجين الجو .

وبعد تجارب وبحوث شتى توصل كل من تشارل هول فى أمريكا وبول إيرو فى فرنسا « فى وقت واحد كما رأينا



(شكل ١)

خلية تحليل كهربى لاستخلاص الألمونيوم :

(ا) أنودات كربونية	(ب) بطانة كربونية	(حـ) مادة عازلة حراريا
(د) مادة عازلة كهربياً	(هـ) لوحة توصيل كهربى	(و) فتحة الصب
(ز) بوتقة	(ح) الـكـتروليت منصهر	(ط) الومنيوم منصهر (ى) قشرة متجمدة

ودون علم أحدهما بحوث الآخر » إلى اكتشاف أن مادة الكريوليت تفى بجميع هذه الشروط .

* * *

ويستخدم التيار الكهربى فى إبقاء الكريوليت منصهرا ، وكذلك لتحليل أكسيد الألمونيوم للعنصرين المكونين له ، أى الأكسجين والألمونيوم . فعند مرور التيار فى شحنة الخلية يتحلل أكسيد الألمونيوم إلى هذين العنصرين . فينضم الأكسجين إلى الالكترودات الكربونية عند الأنود « المصعد » ويتفاعل معها منتجا غاز أول أكسيد الكربون الذى يتصاعد من الخلية مسببا فى نفس الوقت تآكل هذه الألكترونات . وينتج عن انفصال الأكسجين وتولد غاز أول أكسيد الكربون اضطراب يشبه الغليان أو الفوران المستمر فى الحمام ، هو الذى يسبب عدم هبوط أكسيد الألمونيوم إلى قاع الخلية عند إضافته من حين لآخر لاختزاله ، بل يظل معلقا فى الحمام فيذوب فى الكريوليت المنصهر ويختزل على الوجه الصحيح .

أما الألمونيوم المستخلص فينضم إلى الكاثود « المهبط » ، أى إلى طبقة التبطين الكربونية ثم يتجمع على قاع الخلية إلى أن يسحب منه ويصب فى البواتق ، ومنها يصب المعدن

فى قوالب ، ويترك ليبرد . وفى النهاية تنزع كتل الألومنيوم الباردة نسبياً من هذه القوالب وتخزن إلى أن يحين وقت تشكيلها .

وعلى هذا ، إذا فحصنا محتويات حمام خلية التحليل الكهربى فى أثناء السير الطبيعى لعملية الاختزال ، نجد طبقة الألومنيوم المنصهرة فى أسفل الحمام ، تعلوها طبقة من الكريوليت المنصهر ذائبا فيها الكمية التى يمكنه إذابتها من أكسيد الألومنيوم . ولما كان سطح هذه الطبقة على اتصال مستمر ومباشر بالهواء فإنه يبرد ويتجمد . وعندما يتم اختزال كمية من أكسيد الألومنيوم تغذى الخلية بكمية أخرى منه ، وهكذا .

ويبلغ متوسط الكمية التى تنتجها الخلية الواحدة حوالى ٣٠٠ كيلو جرام من الألومنيوم كل ٢٤ ساعة .

وينتج الطن الواحد من أكسيد الألومنيوم حوالى نصف طن من المعدن . ولما كان كل طن من هذا الأكسيد يستخلص من حوالى طنين من البوكسايت ، فإن كل طن من الألومنيوم يحتاج إلى أربعة أطنان تقريبا من البوكسايت .

تنقية الألومنيوم :

من النادر أن تنتج طريقة « هول — إيرو » فى الظروف

المادية معدنا يحتوى على أكثر من ٩٩٫٧ فى المائة من الألومنيوم ويكون الباقى من الشوائب التى أغلبها من السليكون والنحاس والمنجنيز والفيتانيوم . ومصدر هذه الشوائب هو حمام التحليل الكهربى ، والألومينا ، والألكترودات الكربونية .

ولقد سجل « وليم هوبس » عام ١٩٠١ اختراعا لخلية تستخدم فى تنقية الألومنيوم بالتحليل الكهربى باستعمال محلول تحليل ملحى مصهور . ولا تكاد تختلف الخلية ذاتها ، والبطانة والالكترودات ، عن تصميم خلية استخلاص الألومنيوم ، غير أن السمة المميزة لها هى الطبقات الثلاث التى يتكون منها الحمام . فيوجد فى القاع الألومنيوم غير النقى الذى يكون الأنود ، يعلوه الحمام الملحى المنصهر ، وتطفو فوقه الطبقة الكاثودية التى تتكون من الألومنيوم النقى ، ويؤخذ هذا الألومنيوم النقى من حين لآخر بوساطة بواتق « مغارف » من الجرافيت لتجنب تلوث المعدن . ويتكون الحمام الملحى من الكريوليت « بنسبة ٣٠ فى المائة » ، وفلوريد الألومنيوم « ٣٦٪ » ، وفلوريد الباريوم « ١٨٪ » ، وفلوريد الكلسيوم « ١٦٪ » . ويراعى فى هذا التكوين أن يكون وزنه النوعى وسطا بين الألومنيوم غير النقى وبين الألومنيوم النقى .

ويحتوى المعدن المنتج فى العادة على ٩٩٫٨ فى المائة من الألمونيوم ، إلا أنه من الممكن إنتاج معدن تصل درجة نقاوته إلى ٩٩٫٩٩٦ فى المائة .

ومما يجدر ذكره ، أن كميات المعدن بالغ النقاء المستعملة تجاريا ضئيلة جداً ، ويكاد يقتصر استعمالها على الأغراض العملية . أما الأغلبية الغالبة من المعدن فتستعمل على هيئة الونيوم نقى « تجاريا » أو على هيئة سبائك الألمونيوم ، وهذه السبائك هى التى جعلت الألمونيوم يحتل مكانته المكينة فى عالم الصناعة .

الألمونيوم والطيران

ليس من شك أن صناعة الطيران قد قطعت شوطاً بعيداً مذهلا منذ أن تساءل كاتب علمي في بداية القرن الثامن عشر « هل هناك شيء أكثر حمقا من الرغبة في ركوب الهواء والعوم فيه ؟ » ، ومنذ كان رجال الدين يقولون « لو أراد الله لنا أن نطير لأعطانا أجنحة » ، إلى مانراه اليوم من طائرات تزيد سرعاتها عن ضعف وثلاثة أضعاف الصوت ، وطائرات « الهليكوبتر » التي تحوم وتحط في الحقول والميادين والملاعب وفوق أسطح المنازل ، والطائرات ذات المراوح القابلة للإمالة مما يسمح لها بالهبوط أو الارتفاع الرأسي ثم الانطلاق بعد أن تعودمراوحها إلى الوضع الطبيعي للطيران . ناهيك عن الصواريخ والأقمار الصناعية وسفن الفضاء ، وما لا ندري بعد !

بيد أنه كانت هناك حقيقة واضحة دائما ومحيرة للعقول ، وهي طيران الطيور ، والتي أدت إلى التساؤل عن كيفية طيرانها وعن السبب في عدم استطاعة الإنسان أن يجاريها . وكان الإنسان يعتقد اعتقادا راسخاً كامناً في أعماق عقله أنه سيطير يوما ما ،

وكان يحوم فى أحلامه طائرا ومحلقا ، كما كانت تروى له الأساطير قصصاً عن أشخاص عاديين وغير عاديين كانوا يسافرون عبر الهواء ، وكان يخالجه شعور بأنه لو استطاع الحصول على «البساط السحرى» أو اكتشاف سر الطيران فإنه سيحقق أعظم وأروع حلم لهجت به نفسه منذ أقدم العصور .

ولسنا بصدد سرد قصة الطيران ، فهذه قصة أخرى مشوقة ليس مجالها هذا الكتاب . ولكن الواقع هو أن الفضل فى تطور الطيران يرجع إلى عاملين هامين كل الأهمية ، هما الألمونيوم ومحرك البنزين .

ولعلنا نظن أن فكرة استخدام المعادن فى الطيران حديثة نسبياً ، ولكن الواقع غير ذلك ، فلقد قال (فرانشيسكو دى لانا) فى نشرة كتبها عام ١٦٧٠ ، أن فى إمكان كرات معدنية مجوفة ومفرغة تماما من الهواء أن ترفع سفينة وتستبقيها فى الجو ، لأن الكرات ستكون حينئذ أخف من الهواء الذى يحيط بها . ورغم أن (دى لانا) كان على خطأ لأن التفريغ الكامل كان سيؤدى إلى تحطيم الكرات إذا كانت مصنوعة من معدن رقيق السمك أو أنها ستكون أثقل من الهواء إذا كانت سميكة الجدران ، إلا أنه كان على شىء من الصواب

فى فكرته الأساسية ، وهى جعل سفينة الهواء أخف من الهواء المحيط بها .

وكانت تستخدم فى محاولات الطيران الأولى خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر بالونات خفيفة محكمة ضد الهواء . من ذلك ، استخدم الأخوين الفرنسيين (مونتجولفييه) غاز الأيدروجين الأخف عدة مرات من الهواء فى رفع سفينة هواء ، أن الغاز كان يتسرب من البالونات الورقية التى استعملاها فى إجراء تجاربها . ولكن هذا لم يفت فى عضد الأخوين ، إذ تمكنا فى عام ١٧٨٣ من إطلاق بالون يحمل الكونت (دارلند) وصديقه (دى زوزييه) متغلبا على الريح القوية . ولقد تمكن الصديقان من الهبوط بالبالون فى الريف الفسيح على مسافة ثمانية كيلو مترات من نقطة الابتداء .

وتتالت بعد ذلك محاولات استخدام البالونات فى الطيران ، واهتم العسكريون بدراسة البالون آملا فى إضافة سلاح جديد إلى أسلحة الحرب . واستخدم البالون فى قذف القنابل من الجو عندما أرسل الفرنسيون عام ١٨٤٩ عشرات من بالونات الهواء الساخن خالية من المرشدين ومحملة بالقنابل إلى سماء فينسيا التى كانت وقتئذ تحت سيطرة النمسا .

ولكن البالونات غير المزودة بالمحركات أو أجهزة القيادة كانت إلى حد عظيم تحت رحمة الرياح مما جعلها عديمة الجدوى فى هذا المجال . ومع ذلك فقد ظلت البالونات تستخدم فى الأغراض الحربية حتى الأزمنة الحديثة . فاستعملت البالونات المقيدة فى الحرب العالمية الأولى على نطاق واسع لمراقبة المدفعية وللتصوير الجوى ، ولكن القليل من المراقبين الذين كانوا يستقلونها عاد حياً لأنه كان من اليسير اصطياد هذه الأهداف الكبيرة القابلة للاشتعال . وتجدد استخدامها فى الحرب العالمية الثانية بمثابة حواجز تعوق طائرات العدو التى تحلق على ارتفاع منخفض .

* * *

وكانت فكرة سفينة الهواء القابلة للتوجيه تراود عقول المخترعين والطيارين منذ بداية السيطرة على الهواء . ولكن العقبة التى كانت تحول دون تحقيق ذلك هى عدم توافر محرك آلى مناسب . إذ لم يكن لدى مخترعى سفن الهواء سوى محرك آلى واحد هو المحرك البخارى ، الذى ثبت أنه كبير الوزن بالنسبة لأدائه . وجربت جماعتان من المخترعين الفرنسيين فى عامى ١٨٨٣ و ١٨٨٥ الدفع الكهربى باستخدام البطاريات ،

كما استعمل الألمانى « بول هافيلاين » محركين غازيين . ولكن هذه المحاولات جميعها كانت عديمة الجدوى .

وإذا كان الفضل فى تطور صناعة الطيران يرجع إلى محرك البنزين والألمونيوم ، فإن محرك البنزين وحده لم يحقق فكرة الطيران المأمون . فلقد استعمل المهندس الألمانى دكتور « ولفيرت » حوالى عام ١٨٩٠ محركا قدرة ١٠ أحصنة فى سفينته الهوائية الصغيرة ، واستخدمها فى القيام بعدة رحلات قصيرة أثناء إقامة معرض برلين الصناعى عام ١٨٩٦ . وبعد عام بدأ فى التحليق ثانية من ساحة الاستعراضات بمدينة تمبلهوف بالقرب من برلين ، ولكن السفينة انفجرت فى الجو مما أدى إلى مصرع كل من « ولفيرت » ومساعده .

* * *

والواقع أن الفضل النهائى للتمكن من الطيران المأمون يرجع إلى استخدام الألمونيوم وسبائكه فى بناء هياكل سفن الهواء . ورغم أن المحاولات الأولى كانت سيئة الحظ إلا أن ذلك لم يثبط من همم المخترعين وعلماء المعادن فواصلوا محاولاتهم وبحوثهم فى صبر وجلد .

فلقد نجح « داڤيد شوارز » بمساعدة إخصائى معادن من

وستفاليا فى بناء سفينة هواء هيكلها مصنوع من الألمونيوم . وعندما تلقى شوارز برقية تنبئه بان سفينته قد أصبحت جاهزة للصعود مات من فرحته البالغة بالنبأ ، فواصلت أرملته أعماله ؛ وارتفعت السفينة الهوائية ذات الهيكل الألمونيومى والمزودة بمحرك قدرة ١٨ حصان فى نوفمبر عام ١٨٩٧ يقودها صانع أقفال . ولقد حدث لسوء الحظ أنه بعد بضع دقائق من طيران السفينة أن انزلقت سيور نقل الحركة إلى مروحة الدفع ، وأصبحت السفينة تحت رحمة الرياح القوية ، ولكن قائدها لم يصب بأى أذى .

وكان من بين الذين راقبوا هذا الصعود ضابط ألمانى هو الكونت « فرديناند زبلن » الذى صمم على بناء سفينة هواء صالحة مهما كلفه ذلك من جهود وأموال . وكان « زبلن » يعتقد أن سفينة الهواء لن تطير بنجاح إلا إذا كانت كبيرة بدرجة كافية . وكان تصميمه الأول الذى أعده عام ١٨٩٥ يتكون من قاطرة آلية . يمكن توجيهها وتسحب خلفها عدة مقطورات ، ولكنه عاد فيما بعد إلى تصميم سفينة هواء مفردة.

وصعد فوق بحيرة كونستانس فى يوليو عام ١٩٠٠ على منطاده الأول الذى سماه « زبلن » والذى كان طوله يبلغ حوالى

١٤٠ مترا . وحطمت هذه السفينة الهوائية كل أرقام السرعات القياسية السابقة ، وأثار « سيجار السماء » — كما سمى وقتئذ — حماساً منقطع النظير بين الناس حيثما ظهر فى رحلاته . وبنى زبلن بعد ذلك عددا آخر من سفن الهواء ، الواحدة منها أكبر من سابقتها . ولكن حدثت عام ١٩٠٨ كارثة مروعة لسفينته الخامسة ، إذ شبت فيها النيران وتحطمت مع خسارة فادحة فى الأرواح .

ومع ذلك فقد ثبت بصورة قاطعة أن تصميم الكونت زبلن هو التصميم المثالى الذى يجب الأخذ به . ذلك أن هياكل سفن زبلن كانت مصنوعة من الألمونيوم الخفيف والمتين ، وكانت ذات أطوال تبلغ المئات من الأمتار . وقسم جوفها إلى عدة خزانات منفصلة للغاز ، بحيث إذا تلف أحدها وتسرب الغاز منه فإن ذلك لايؤثر على السفينة باكملها ، وركب محركاته فى عدة شرفات خاصة وضعها خارج « عربة » الركاب الكبيرة ، التى أصبحت فى تصمياته التالية جزءا من الهيكل الألمونيومى .

وبمجرد نشوب الحرب العالمية الأولى وضعت مصانع زبلن تحت الإشراف الحربى ، وحولت كل سفن الهواء الموجودة إلى حاملات قنابل. وتعرضت انجلترا فعلا خلال العام الأول من تلك

الحرب إلى غاراتها الجوية الأولى . إلا أن خسائر الألمان كانت باهظة فى هذا السلاح الحربى .

ومات الكونت زبلن عام ١٩١٧ ، وواصل خليفته دكتور « هوجو إيكير » بناء سفن هوائية هياكلها من الألمونيوم . وقام دكتور إيكير بقيادة هذه المناطيد الماردة عبر المحيطات وفوق منطقة القطب الشمالى وحول العالم .

وبعد عشرين عاما من وفاة الكونت زبلن ، حلت بأعظم وأروع مناطيده ، المنطاد « هندنبرج » ، كارثة مروعة عجلت بنهاية السفن الهوائية بمثابة وسيلة من وسائل الانتقال الجوى . كذلك أصيبت أمريكا بنكبات فادحة فى هذا المجال ، إذ تحطم كل من منطاد زبلن « شيناندوه » الذى سلمته ألمانيا إليها بمقتضى معاهدة فرساى ، والسفينة الهوائية « أكرون » التابعة لبحرية الولايات المتحدة ، مع خسائر ضخمة فى الأرواح وكانت أسوأ كارثة فى سفن إنجلترا هى التى حلت بالسفينة « ر — ١٠١ » عام ١٩٣٠ ، التى كانت قد بدأت رحلة طيران رسمية إلى الهند ولكنها هبطت فى فرنسا وأبادتها النيران . ومات فى هذا الحادث ٤٨ شخصاً حرقاً كان من بينهم وزير شئون الهند البريطانى وأحد مارشالات الجو ومصمم السفينة نفسه .

وكان فى كل هذه الحوادث الرهيبة نهاية سفن الهواء. ولكن فى هذه الأثناء كانت قد توطدت مكانة الألمونيون لصنع هياكل الطائرات وعدد كبير من أجزائها. كذلك كانت الطائرة قد تطورت بحيث لم يعد هناك مبرر لوجود تلك المركبات الأخف من الهواء.

* * *

تمت فى تسعينات القرن التاسع عشر محاولات عديدة لبناء الطائرات، من ذلك ما قام به «أونو ليلنشال» الذى ربط نفسه بشرائط فى طائرته الشراعية المصنوعة من الخيش والخشب الأبلكاش، وجعل تيار الهواء يحمله ويهبط به بلطف من أعلى تل. إلا أنه فى صباح يوم من أيام أغسطس عام ١٨٩٦ هبت ريح قوية فجائية أثناء طيرانه أدت إلى تحطيم طائرته وإصابته بجراح مميتة، وكانت كلماته الأخيرة وهو يسلم الروح: «يجب علينا التضحية».

وكان القرن العشرون هو قرن التقدم الحقيقى للطيران. فعرض الأخوان «رايت» الأمريكيان طائرة لهما فى فرنسا عام ١٩٠٨، كما عرضا طائرة أخرى على المسئولين فى الولايات المتحدة. ولم يكد يمضى زمن قصير حتى كانت الطائرات تبنى

وتطير فى كل دول العالم تقريبا . ودخل الطيران بعد عام ١٩١٠ فى طور جديد ، بعد أن اختمرت فى الرؤوس فكرة استخدام الطائرات فى عمليات الاستكشاف الحربية وتبين مواقع العدو وقواته . وكان هيكل الطائرة يصنع فى أول الأمر من الخشب ويغطى بالخيش أو الكتان . ولكن وجد أنه من الصعب الاعتماد على الخشب فى بناء الطائرات لتغير خواصه باختلاف أنواعه ، ولصعوبة تشكيله بالأشكال والقطاعات المطلوبة ، وضعف تحمله للقوى الكبيرة ، ولأن قابليته لامتصاص الرطوبة تزيد من وزن الطائرة ، وبالتالى تقلل من حمولتها ، كذلك فإن تعرض الخشب للانكماش والتقلص إذا جف ، ينتج عنه أعوجاج جسم الطائرة وإضعاف وصلاتها .

ولقد مرت صناعة الطائرات بفترة كان الصراع فيها بين استعمال الخشب أو الألمونيوم واضحاً وقويا . ولكن لم يكن بد من أن تكون الغلبة للألمونيوم وسبائكه لما لها من صفات وخواص ممتازة ، وخاصة سبيكة « الدور ألومين » التى كان ابتكارها بمثابة انتصار حاسم للألمونيوم على أية مادة منافسة أخرى .

وكانت ألمانيا أول دولة تصنع طائرات ذات هيا كل وأجسام

من المونيوم ، وذلك خلال الحرب العالمية الأولى ، ثم تلتها الولايات المتحدة الأمريكية التى أنتجت طائرات ألمونيومية لنقل البريد الجوى . واستخدمت فيها محركات « ليبرتى » الشهيرة التى كانت تنتجها بمعدل ١٥٠ محركا فى اليوم الواحد . وكان يستعمل فى هذا المحرك ٢٢٥ رطلا من سبائك الألمونيوم الخفيفة ، تمثل ٢٧ ٪ من وزن المحرك الكامل الذى كان يزن حوالى ٨٢٥ رطلا . واستخدمت الطائرات الألمونيومية أول الأمر فى الغارات الاستكشافية ولقذف القنابل على مسافات بعيدة من نقط انطلاقها ، ثم أصبحت جزءا متكاملا . من الأسلحة الحربية . فاستخدم الطيران فى معركة « أمينز » — أغسطس عام ١٩١٨ — بالاشتراك الوثيق مع القوات البرية ، فى قذف خطوط العدو الخلفية بالقنابل لتدمير أو تعطيل اتصالاته

وفى نفس الوقت تطور الطيران المدنى . فبدأت ألمانيا أولا بإنشاء خدمة محلية ، ثم تلتها ثلاث شركات بريطانية وشركتان فرنسيتان فى استخدام طائرات حربية معدلة إلى طائرات مدنية وبانتهاء الحرب العالمية الأولى كان الألمونيوم هو المعدن الأساسى فى صناعة الطائرات ، وانتشر استعماله على أوسع نطاق فى أوربا وأمريكا ، وأصبح يستعمل فى صنع جسم الطائرة وأجنحتها

ومحركاتها وسطوحها الخلفية واستخدم الألمونيوم كذلك فى صنع عدد كبير من معدات أجهزة القيادة . وبدأت الخطوط الجوية فى نقل اركاب والبريد حتى بلغ ما قطعته الطائرات عام ١٩٢١ مسافة إجمالية قدرها ٤,٦ مليون كيلومتر . وقام المهندس الألمانى « هوجو جونكرز » بالاشتراك مع المصمم الهولندى « أنطون فوكر » فى إنتاج طائرات مصنوعة من الألمونيوم ، روعى فى تصميمها تلافى الأخطاء السابقة والاستفادة من الخبرة المكتسبة فى هندسة الطيران وعلم « الإيرودوناميكا » . كذلك كان « إيجور سيكورسكى » . الذى هاجر إلى الولايات المتحدة يعمل فى نفس الاتجاه منذ عام ١٩٢٤ وبعد بضع سنين ظهرت فى أمريكا طائرات تصل سرعتها إلى ٣٢٠ كيلومترا فى الساعة ، وسرعان ما أصبح الطيران عملا تجاريا وصناعيا ضخما ومنافساً خطراً للانتقال بوسائل النقل الحديدية والبحرية .

وقصة استخدام الألمونيوم فى صناعة الطيران منذ الحرب العالمية الأولى حتى الآن قصة طويلة ومتشعبة . ويكفى أن نسرد هنا الخطوط العريضة لهذا الاستخدام فى صناعة الطائرات الأخرى خلاف طائرات ذات المراوح ومحركات الاحتراق الداخلى فلقد ظهر عام ١٩٥٠ نظامان جديدان للطيران وللقدرة

المحركة ، هما الدفع النفاث ، وطائرات الارتفاع الرأسى ، يرجع ظهورهما أساسا إلى التطور الفنى خلال الحرب العالمية الثانية . وكانت وزارة الطيران البريطانية قد تعاقدت مع طيار انجليزى هو « فرانك هويتل » بعد أن تلبدت غيوم الحرب عام ١٩٣٩ على بناء طراز تجريبى لمحرك نفاث . وفى هذا المحرك يحرق باستمرار زيت وقود رخيص فى غرفة إشعال ، وتدفع الغازات المتولدة ريش توربين وتجعلها تدور . ثم تتدفق الغازات الساخنة المضغوطة إلى خارج ماسورة نفاثة فى مؤخر الطائرة بسرعة بالغة مما يؤدى إلى دفعها قدما . وطيرت هذه الطائرة التى أطلق عليها الإسم الرمزى « إى — ٢٨ » لأول مرة في مايو عام ١٩٤١ . وأخذت التطورات مسلكا مماثلا فى ألمانيا ، حيث أغرى المهندس « هانزفون أوهين » مصانع « هنكل » للطائرات ببناء نموذج استعراضى مأخوذ عن تصميماته التى كان قد وضعها عام ١٩٣٦. وقبل نشوب الحرب بقليل بدىء فى اختيار طائرة من طراز « هنكل » ، فكانت أول طائرة نفاثة تطير فى العالم . واستخدمت ألمانيا فى خريف عام ١٩٤٤ عددا من المقاتلات النفاثة ذات المحركين بنتها مصانع « ميسر شميت » ، بينما لم تظهر طائرات مصانع جلوستر البريطانية التى صممها « هويتل » إلا متأخرة

جدا بحيث لم تقم بأى دور فوق ميادين القتال . ولم يكد يمر بضع سنوات على نهاية الحرب حتى بدأ المحرك النفاث فى السيطرة على كل ميادين الطيران العسكرية والمدنية فى كافة الدول . وتزايدت سرعات الطائرات النفاثة بخطوات وقفزات سريعة . ففى عام ١٩٤٧ احترقت طائرة نفاثة أمريكية الحاجز الصوتى الذى كان الكثير من الخبراء يعتقد فى استحالة اختراقه . ومنذ عام ١٩٥٨ حلت الطائرات النفاثة الأمريكية والانجليزية والفرنسية والسوفيتية محل الطائرات المجهزة بالمحركات ذات المكابس على معظم الطرق الجوية عبر القارات .

وفى مجال طائرات « الهليكوبتر » ، نجح فريق من المهندسين الألمان عام ١٩٣٨ فى مصانع « فوخ » للطائرات فى بناء طائرة هليكوبتر يمكنها الارتفاع بنفسها والطيران فى الهواء وكانت هذه الطائرة مزودة بمحرك قدره ١٥٠ حصانا ، وبلغت ارتفاعا قدره ٣٨٠٠ مترا . كما بنى الفريق نفسه فى عام ١٩٤٠ نموذجا ثانيا وصل ارتفاعه إلى ٧٨٠٠ مترا ، وكان مزودا بمحرك قدرة ١٠٠٠ حصان . ولقد ظل كل من تصميم وأداء هذه الطائرة غير معروف خارج ألمانيا بسبب الحرب حتى عام ١٩٤٥

وفى الولايات المتحدة ، صمم « إيجور سيكورسكى »

الهليكوبتر « إكس — آر — ٤ » وبناها للجيش الأمريكي، ثم طيرت طيرانا اختباريا فى نهاية عام ١٩٤١ .

ويعتبر الاتحاد السوفيتى الدولة الأكثر استخداما للهليكوبتر بمثابة طائرة ركاب ، إذ كان لديه عام ١٩٦١ حوالى مائتى خط منتظم ، وظهرت فائدتها بصفة خاصة فى سيبيريا حيث تصل بين مناطق الغابات الكثيفة ، وفى مناطق الاستشفاء بشوطىء بحر القرم والبحر الأسود .

وهناك نوع آخر من الطائرات يبشر بالنجاح هو الطائرة ذات الأجنحة القابلة للإمالة ، وهى تشبه الطائرات العادية عند طيرانها إلى الأمام ، ولكن يمكن عند الإقلاع أو الهبوط إمالة الجناحين للحصول على دفع رأسى .

كذلك تشير المجلات العلمية الأمريكية إلى إنتاج نوع جديد من الطائرات يمكن إمالة مراوحها على زوايا مختلفة لتناسب عمليات الحط أو الإرتفاع أو الانطلاق .

ومع كل هذه التحسينات والتطويرات الضخمة فى صناعة الطيران ، ظل الألمونيوم المعدن الفذ الأول ، وتبارت معاهد البحوث التابعة للحكومات والمؤسسات والشركات الصناعية فى إنتاج سبائك جديدة من هذا المعدن لتلبية الاحتياجات المتزايدة

من السرعة والسعة والقدرة والارتفاع . وفى الواقع لم تهتز مكانة الألمونيوم فى مجال الطيران إلا بظهور الطائرات التى تزيد سرعتها عن ثلاثة أضعاف سرعة الصوت ، إذ يبدو أن الألمونيوم سيتخلى عن مكانه هنا لمعدن فذ آخر هو التيتانيوم الذى تزايد الاهتمام به ابتداء من النصف الثانى للقرن العشرين ،لذلك يطلق عليه « معدن الغد » :

وعلى أية حال ، فلسنا نعتقد أن الألمونيوم سيتخلى عن مكانته المكينة فى عالم الطيران بسهولة أو بعد زمن قصير ، ذلك أنه تتوافر فيه وحده من الصفات والمزايا الفنية والاقتصادية اللازمة لصناعة الطائرات ما لم يتوافر فى معدن آخر . وسيظل الأمر كذلك مادام الانسان قانعا بألف وألفين وثلاثة آلاف كيلو متر تقطعها فى الساعة الواحدة :

الألمونيوم وصناعة السفن

كان من الطبيعى أن يكون الصلب هو المعدن الذى يحل محل الخشب كمادة أساسية لبناء السفن . ولقد أنزلت إلى الماء أول سفينة مصنوعة من الصلب عام ١٨٦٣، وبعد عشرة أعوام كان الصلب قد حل تماما محل الحديد المطروق الذى كان يستعمل قبل ذلك فى بناء السفن والكبارى والمحركات . ومنذ عام ١٨٥٦ ، عندما أنتج الصلب بطريقة « بسمر » ، بدأ استعماله يتزايد فى مختلف الميادين الهندسية ، كقضبان السكك الحديدية، والسفن، والكبارى ، والمحركات ، وآلات الإنتاج ، وآلاف من الأشياء الأخرى .

وكان لتوافر الصلب بمثابة مادة للاستعمال اليومى فى نهاية القرن الماضى تأثير ملحوظ على تطور وسائل الانتقال ، إذ لولاه لما أمكن جعل محرك الاحتراق الداخلى أو التوربين البخارى محركات فعالة ، وكلاهما بدأ يلعب دوراً هاماً فى دفع السفن منذ ذلك الحين .

ويقترن مع دخول هذه المحركات إلى عالم بناء السفن ،

استعمال الألمونيوم وسبائكه فى ذلك المجال ، ولم يكن بد من ذلك ، إذ أن البحث عن أساليب جديدة لزيادة حمولة السفن وسرعتها قد لفت الانظار إلى هذا المعدن الذى يتميز بخصائصه الفريدة من حيث المتانة وخفة الوزن .

ويرجع استعمال سبائك الألمونيوم فى الصناعات البحرية إلى عام ١٨٩١ ، إذ بدئ فى إستعمالها لصنع هيا كل السفن الخفيفة وبعض أجزائها العلوية على نطاق محدود . وأقدمت الحكومة الفرنسية عام ١٨٩٥ على بناء بعض قوارب الطوربيد استعملت فيها سبائك الألمونيوم بتوسع كبير . ولكن سبائك الألمونيوم المتاحة فى ذلك الحين كان يعيبها أنها ضعيفة المقاومة للتآكل ، فتردد كثير من شركات بناء السفن فى استعمالها حتى نشوب الحرب العالمية الأولى وفى أثنائها ، حيث لقى الألمونيوم تعضيدا من السلطات الحربية ومن المصممين ، وإن ظل ذلك فى نطاق ضيق يتسم بالتجريب والمغامرة أكثر منه خطة مدروسة ثابتة .

وبعد الحرب العالمية الأولى نصت معاهدة فرساى على ألا تتعدى السفن الحربية والوحدات المساعدة سعات محدودة ، مثال ذلك نص على ألا تتعدى سفن الجيب ١٠٠٠ طن . وكان هذا فرصة سانحة لاستعمال الألمونيوم وسبائكه فى هذا المجال .

ذلك أن الوفر الصغير الذى حققه صنع مئات من أجزاء السفن باستعمال الألمونيوم ساعد فى نهاية الأمر على زيادة سعات السفن زيادة ملحوظة مع استعمال محركات أقوى وأكبر علاوة على إمكان تجهيز هذه السفن بمدافع أضخم وأوسع مدى مما كان منتظرا بمقتضى هذه المعاهدة .

ومنذ حوالى عام ١٩٣٠ تزايد استعمال سبائك الألمونيوم الجديدة تزايدا مطرداً ، حتى أصبحت اليوم تستعمل فى بناء أجزاء هامة مثل أبدان السفن، وأسطحها ، وقمراتها ، ونوافذها ومنافذها، ومعدات التهوية ، ومعدات النجاة، والأثاث ومعدات الطبخ ، والسلالم ، والأبواب وأغطية الفتحات ، علاوة على آلاف من الأجزاء الصغيرة الداخلة فى التركيبات الإنشائية والزخرفية .

ويستغل المهندسون البحريون خاصة مفيدة من خواص سبائك الألمونيوم ، وهى أنها غير مغناطيسية ، لذلك فإنهم يشيدون منها الجزء العلوى من السفينة الذى يشتمل على البوصلة وما يجاورها . وبهذا أصبح هذا الجزء الهام أقل تعرضا لخطأ الحساب والتوجيه ، وبالتالى أصبح خط سير السفينة أكثر دقة إلى حد كبير . علاوة على الفائدة المباشرة التى تحققت نتيجة

خفة الجزء العلوى ، وهى الزيادة فى ارتفاع مركز الانحراف وبذلك تزداد السفينة ثباتا واستقراراً .

وتستعمل سبائك الألمونيوم الآن على نطاق واسع فى بناء أبدان اليخوت ، والقوارب الآلية « اللنشات » ، وقوارب التجديف ، والصنادل . ولقد دشنت أخيرا إحدى الترسانات البحرية الأمريكية أكبر صندل حربى فى العالم مصنوع كله من الألمونيوم. وتسمح خفة وزنه بحمل شحنة تزيد بمقدار ١٤٪ عن الصنادل المناظرة المصنوعة من الصلب . ومن المتوقع أن يبلغ نصيب ألواح الألمونيوم عام ١٩٦٥ فى بناء القوارب والسفن الخفيفة حوالى ٤٠ ٪ من جملة المواد المستعملة فى ذلك ، وأهمها الخشب والألياف الزجاجية والروياليت .

وتنشر المجلات العلمية الكثير عن أخبار الألمونيوم فى الصناعات البحرية والنهرية . من ذلك أن حكومة غانا قداشترت قوارب عبور « معديات » على هيئة قطاعات أو أقسام ، يمكن بناؤها وتفكيكها بأقل قدر من العمل المدرب ومن المتيسر تجميع مجموعة المعدات على هيئة « معدية » تحمل ثقلا يزيد على ٢٥ طنا، أو على هيئة «معديتين» تبلغ حمولة كل منهما ١٠ أطنان والوحدة الأساسية مصنوعة من معبر من سبائك الألمونيوم

المقاومة للصدأ والتآكل . والمعبر مقسم إلى عدد من الأقسام المحكمة ضد تسرب الماء تجمع على الشاطىء ثم تزلق إلى النهر .

ومن المنتظر التوسع فى استعمال هذه الصنادل والمعديات فى الأعراض الصناعية والحربية ،من ذلك نقل معدات استخراج البترول إلى مناطق بعيدة ، وبمثابة وسيلة مؤقتة لعبور الأنهار فى الأماكن التى تكون فيها الجسور والكبارى قد دمرت أو تحت الإصلاح ، وكوسيلة دائمة لنقل الركاب والعربات فى الأماكن التى لا تسمح فيها الظروف الجغرافية ببناء الجسور.

ويكثر الحديث اليوم عن وسيلة انتقال طريفة حقا ، هى المركبة البرمائية المحومة . التى تجمع بين السفينة والطائرة . وتتلخص الفكرة فى هذه المركبة فى رفعها عن الماء يجعلها تسير على وسادة هوائية تشبه إلى حد ما إطارات السيارات ، حيث يؤدى التأثير على جميع قاع المركبة المسطح بضغط يبلغ حوالى كيلو جرام واحد على السنتيمتر المربع إلى رفعها فوق سطح الماء أو الأرض بمقدار يتراوح بين ٣٠ إلى ٥٠ سنتيمترا . ويتم ذلك بوساطة عدد من النافورات الهوائية الرأسية .

ولا مناص من استعمال سبائك الألمونيوم فى بناء هيكل المركبة وبدنها وأكبر قدر ممكن من أجزائها الإنشائية وقوتها

المحركة . وهذا ما اتجه إليه المصممون فعلا لخفة وزن هذه السبائك وصمودها للقوى الكبيرة التى تتعرض لها المركبة فى الرفع الرأسى والدفع الأفقى .

ومن أنواع هذه المركبات « الهوفر كرافت » التى صممها المهندس الإنجليزى (س . كوكريل) عام ١٩٥٣ ، وعرضها لأول مرة عام ١٩٥٩ . ويشبه النموذج الأول لهذه المركبة طبقا بيضاوى الشكل فى منتصفه قمع قصير لدخول الهواء اللازم للمحرك الذى تبلغ قدرته ٤٥٠ حصانا والذى ينتج نافورات الهواء الرأسية علاوة على نافورتين أفقيتين أكبر أبعادا من النافورات الرأسية وتوجدان فى المؤخرة لدفع المركبة بسرعة تتراوح بين ٢٥و٣٠ عقدة . وتزن المركبة حوالى ٤ أطنان وطولها ١٠ أمتار تقريبا ، وبها غرفة تحكم توجد أمام القمع ودفات تشبه النوع المستخدم فى الطائرات .

ولقد أثارت الإختبارات التى أجريت على هذه المركبة عند الجانب الغربى من بحر المانش فى صيف عام ١٩٥٩ اهتماما عظيما عندما صعدت إلى الشاطىء وتسلقت التلال الرملية ثم وقفت على الطريق . وكانت إمكانيات هذا الاختراع واضحة من البداية ، فلقد أثبت عبور بحر المانش أن أمواج البحار المفتوحة ليست

مشكلة بالمرة وأن المركبة إذا صنعت بحجم ملائم وتحركت بسرعة كافية فإن مشكلة التارجح الرأسى غير المريح الذى يحدث فى السفن العادية عندما تلعب بها الأمواج سوف تختفى تماما . ويرى المهندسون أن مستقبلا كبيرا ينتظر هذه المركبة فى الدول التى تفتقر إلى سبل المواصلات ، مثل شمالى كندا ، ووسط استراليا ، وبعض دول أفريقيا ، والهند . وهم يؤكدون أن المركبات الكبيرة من هذا النوع والتى تزن الواحدة منها من ٤٠ إلى ٢٠٠ طن سوف تنقل الركاب والبضائع فوق الصحارى والأنهار وفى المناطق المغمورة بمياه الفيضانات .

وفى نفس الوقت الذى ظهرت فيه « الموفركرافت » كان مخترع آخر اسمه « كارل ويلاند » يعمل لحسابه فى تصميم مشابه . ولقد تحدث « ويلاند » عن إمكان استخدام الفكرة فى بناء عابرات ماردة للمحيطات تزن الواحدة منها ٣٥٠٠٠ طن وتعبر المحيطات على ارتفاع يبلغ حوالى مترين وبسرعة ٢٦٠ كيلو مترا فى الساعة أو أكثر من ذلك .

ومن تصميمات المركبة البرمائية المحومة « طبق الفاكهة الطائرة » المصنوع من الألمونيوم الذى أنتج فعلا ويستعمل فى نقل الموز من المزارع إلى موانى الشحن فى الدول الإستوائية

ذات الطرق الرديئة. وتستخدم الفرق الطبية فى الجيش البريطانى نقالة « طافية » بمحركى بنزين صغيرين لنقل الجرحى دون اهتزازات تؤلمهم فوق الأرض الخشنة .

ولقد جرب السلاح البحرى الأمريكى فى نهاية عام ١٩٦٤ مركبة برمائية محومة مصنوعة من الألمونيوم ، أطلق عليها اسم « الميدوسكيمر » ، انطلقت فوق بحيرة إيرى ثم إلى الشاطىء حاملة بعض جنود البحرية المسلحين . وبدأت المركبة رحلتها من نقطة على بحيرة إيرى تبعد عن الشاطىء بحوالى ٤٠ كيلو مترا ووصلت إليه بشحنتها من البحارة فى أقل من ثلاثين دقيقة ، مجتازة الخمسمائة مترا الأخيرة فى حوالى ٤٠ ثانية . ويمكن لهذه المركبة أن تنطلق بسرعات تصل إلى ١١٠ كيلو مترا فى الساعة . كيلو مترا فى الساعة .ورغم أن هذه المركبة قد أنتجت للبحرية الأمريكية فإن الشركة الصانعة تجرى عليها بعض التطورات لتصلح للإستعمالين التجارى والحربى .

ويرفع المركبة فوق سطح الأرض أو الماء أربع مراوح مدارة بالتوربينات ومركبة فى بدن السفينة . وبمجرد استواء المركبة على الوسادة الهوائية يبدأ تشغيل مروحتى دفع موجودتين فى مؤخرتها للسير بها إلى الأمام .

وتمتاز هذه المركبة عن صنادل إنزال الجنود بأنها تقلل فترة تعرضهم لنيران العدو كما تزيد من عنصر المفاجاة والمباغتة فى حالات الغزو . وعلاوة على ذلك فإن المركبة تحط بركابها على الشاطىء ذاته بدلا من إنزالهم فى المياه الضحلة مما يعرضهم للتعرقل ولحالات نفسية ضارة . إلا أنه يؤخذ عليها أنها تسير بسرعة كبيرة عند اقترابها من الشاطىء بحيث لا يستطيع قائدها تفادى المواضع غير الصالحة .

ولقد أنتجت نفس الشركة الصانعة مركبة ألمونيومية من نوع « الموفر كرافت » عرضتها على المسئولين فى شركات استخراج البترول . وهذه المركبة مغلفة بدثار من المطاط لمنع تسرب الوسادة الهوائية ولتخفيف اصطدام المركبة بالعوائق .

ويفكر المهندسون الأمريكيون فى استغلال فكرة الوسائد الهوائية فى صنع سيارات وقطارات من الألمونيوم . ويدرس حالياً اقتراح بصنع أتوبيس من هذا النوع طوله ٩ أمتار ويزن ٤ر٥٤ طنا ويسع ١٦ راكبا و ٥ر١ طنا من البضائع ، ليسير فوق المناطق المسطحة المحرومة من الطرق . كما يدرس جماعة من المهندسين فى شركة سيارات أمريكية تصميم قطار ألمونيومى من هذا النوع ليسير على وسادة هوائية ممكنها حوالى واحد من

الألف من البوصة فوق قضيب حديدى عادى أو مفرد ، وبهذا ينعدم الاحتكاك تقريباً لأن معدن القطار لا يلامس معدن القضبان ،مما يساعده على بلوغه سرعات تصل إلى ٤٨٠ كيلو مترا فى الساعة أو أكثر .

إن مجال استخدام الألمونيوم لا تحده حدود ولا تقيده قيود . وطالما دعمه الباحثون والمهندسون بإنتاج سبائك منه تبلغ من المتانة والقوة مايفى باحتياجات الحضارة المتطورة بسرعة مذهلة ، فإن هذا المعدن سيحتل دائماً مكانة مرموقة فى البر والبحر والجو .



(شكل ٢) لنش مصنوع من الألمنيوم تبلغ سرعته حوالى ٥٠ كيلو متراً فى الساعة .

الألمونيوم والنقل على الطرق

يرجع استعمال الألمونيوم فى صناعة وسائل النقل على الطرق إلى بداية عهد السيارات . وكما أن سيارات هنرى فورد الأولى لقيت معارضة عنيدة من البعض ، وخصوصا موردى الجياد والحدادين وتجار العلف ، وهم قوم عز عليهم أن يفقدوا الكثير فى دولة كان بها فى تسعنيات القرن التاسع عشر حوالى ١٨ مليون حصان وبغل تؤدى معظم أعمال النقل التى لم يكن فى استطاعة السكك الحديدة القيام بها ، كذلك لقى الألمونيوم منافسة شديدة من المعادن والسبائك الأخرى، وخاصة السبائك الحديدية التى كانت أرخص منه ثمنا وأكثر توافرا فى الأسواق . ومع ذلك فقد استعملت مصبوبات « مسبوكات » الألمونيوم على نطاق واسع فى صنع الحدافات ، ومبايت المحاور الخلفية ، وعلب تروس نقل الحركة ، وأجزاء القوابض « الدبرياج » ، وعلب الزيت ، وأجزاء أخرى عديدة . وفى عام ١٩٠٣ انتجت إحدى الشركات الأمريكية أجسام سياراتها من الألمونيوم . ومن أسباب استعماله فى هذه الفترة المبكرة خفة

وزنه بالنسبة لقدرة المحركات ، والقوة المحددة لإطارات العجلات ومشا كل تصنيع المعادن الأخرى المنافسة له .

وكانت الحرب العالمية الأولى دافعا إلى التوسع فى استعمال الألمونيوم فى صناعة وسائل النقل على الطرق الحربية منها والمدنية ، وذلك بسبب ندرة بعض المعادن والسبائك الأخرى واستخدامها فى صنع المعدات الحربية التى لا تستغنى عن هذه المعادن . وفى خلال السنوات العشر التى تلت تلك الحرب كانت تصنع أجزاء عديدة من مركبات النقل من سبائك الألمونيوم الخفيفة ، ومن هذه الأجزاء أجسام السيارات ، ورؤوس وأغلفة المشعات « الرادياتور » ، والرفارف ، والدواسات ، وأغطية العجلات ، واللوحات المعدنية ، والمقابض ، ومجلات القيادة ، وحواجز الريح ، والأفاريز ، ومئات الأجزاء الأخرى .

ثم بدأ استعمال الألمونيوم فى التناقص بعد ذلك مع ازدياد انتاج السيارات ومنافسة المعادن والسبائك الأخرى التى زادت قوة وإصراراً . ناتجة صناع السيارات إلى استعمال السبائك الحديدية الرخيصة . واستمر هذا الاتجاه بحيث أصبح متوسط ما يستعمل من الألمونيوم فى صنع السيارات عام ١٩٤٨ حوالى ٨ أرطال . ومع ذلك فإن التقدم فى أساليب انتاج الألمونيوم

جعل لهذا المعدن مزايا اقتصادية فى عدة استخدامات . كما أسهمت عدة أساليب تصنيع فى خفض سعر الألمونيوم والتوسع فى استعماله كذلك فإن الوفر فى استعمال الألمونيوم مقارنا بالمواد الحديدية ساعد فى هذا التوسع إلى حد كبير . وتحتوى سيارات الركوب من طراز ١٩٦٠ حوالى ٦٠ رطلا من الألمونيوم فى المتوسط ، وبعضها يحتوى على ما يقرب من ١٣٠ رطلا . أما سيارات السباق فقد استعملت فيها دائما مقادير كبيرة من الألمونيوم .

والوزن الخفيف لسبائك الألمونيوم ، وكذلك توصيليتها الحرارية العالية ، جعلت منها المادة المفضلة لصنع المحركات المبردة بالهواء . ويستعمل فى إحدى السيارات خفيفة الوزن المزودة بمحرك مبرد بالهواء أكثر من ١٠٠ رطلا من الألمونيوم فى المحرك وحده . وتدخل مصبوبات الألمونيوم فى صنع أجزاء المحركات ، وأهمها أغطية السلندرات ، وعلب المرافق ، ومعظم الأجزاء الإنشائية . ويمكن القول عموما بان ٨٥٪ بالوزن من الألمونيون المستعمل فى سيارات الركوب يدخل فى صنع الأجزاء المحركة ، بينما تمثل الأجزاء الخارجية والزخرفية حوالى ١٥٪ من إجمالى وزن الألمونيوم المستعمل .

وفى المعتاد لا يستعمل فى صنع سيارات النقل الخفيفة مقدار

ممايستعمل من الألمونيوم فى صنع سيارات الركوب، وهى تستعمل فى المتوسط حوالى ٤٠ رطلامن الأجزاء المصنوعة من الألمونيوم أما لورى النقل الثقيل — وخاصة تلك التى تستعمل فى نقل الخضروات واللحوم والأسماك — فيمثل الألمونيوم نسبة كبيرة من معدنها . وقد تحتوى مثل هذه اللوارى على حوالى ١٠٠٠ رطلا من الألمونيوم .

وحديثا انتجت إحدى الشركات الكندية لورى نقل للتشغيل الشاق على الأرض غير المستوية صنع جسمه كله من الألمونيوم ويزن هذا الجسم حوالى ٩٠٠٠ رطلا من الألمونيوم حلت محل ٢٠٠٠٩ رطلا من الصلب كانت تستعمل فى صنع لورى نقل مماثل ولقد أدى الإنقاص فى الوزن الناتج عن استعمال الألمونيوم إلى تحقيق وفر فى نواح عديدة ، كإطالة عمر الإطارات ، والإقلال من إجهاد الهيكل « الشاسية » ، وزيادة سرعات التشغيل ، وزيادة عدد الأطنان المنقولة فى الساعة ، مما جعل من الممكن فى بعض العمليات زيادة الحمولة الصافية للعربة بمقدار خمسة أطنان .

وتتجه مصانع السيارات الحربية فى بعض الدول إلى إنتاج مجموعة جديدة من اللوارى الحربية يستعمل الألمونيوم فى جميع أجزائها ، باستثناء معدات نقل الحركة .

ورغم أن مكابس « بساتم » الألمونيوم قد استخدمت فى

بعض محركات وسائل النقل منذ أعوام عديدة ، إلا أن التحول الكامل إلى استعمال هذه المكابس الألمونيومية لم يتحقق إلا عام ١٩٥٤ . وكان هذا جزءا من الاتجاه إلى الحصول على سرعات عالية ومحركات ذات ضغط أعلى وأقوى ، الأمر الذى تيسر باستخدام مكابس الألمونيوم لما لها من مزايا من حيث خفة الوزن والتوصيلية الحرارية الجيدة ،

ويتزايد استعمال الالمونيوم فى صنع سيارات النقل العام « الأوتوبيسات » ورغم أن جزءا كبيرا من هيا كل هذه السيارات يصنع من الخشب ، ثم تقوى ضلوعها بقطع مصبوبة من الألمونيوم تثبت فى الأركان الخشبية لزيادة متانتها وقوتها ، إلا أن منتجى هذه السيارات يهتمون الآن بتقليل وزن السيارة الفارغة عن طريق صنع الجسم كله من ألواح وقطاعات الألمونيوم .

ويتفق عدد كبير من شركات صناعة السيارات على أن الألمونيوم سيلعب دورا هاما فى سيارات الغد . ويبدو أن أجسامها وسقوفها ستصنع من الألمونيوم « إذا لم تتفوق عليه لدائن البلاستك المقواة » ، وأن محركاتها ستصنع كذلك من الألمونيوم وسيغزل النسيج اللازم لتنجيد فرش السيارات من « الفيبر » المطعم بخيوط من الألمونيوم ، مما يضفى على فرش السيارة جمالا واحتمالا أطول من المواد الحالية .

ومن الطريف أن المعادن الأخرى ليست هى المنافس الخطر فى سيارات المستقبل ، بل يتمثل المنافس الأكبر فى اللدائن « البلاستك » وتقوم شركات اللدائن حالياً بتطوير الصناعات البتروكيموية الحديثة ، مستهدفة إنتاج مواد وأجسام متينة من اللدائن ، تتحمل الضغط والعمل الشاق ، ولا تتطلب الطلاء باى دهانات ، علاوة على مناعتها وصمودها للتآكل والبلى . ويقول أنصار اللدائن أن إصلاح أى جزء تالف من هذه المواد الجديدة ، لن يتطلب إلا عملية بسيطة سهلة ، هى صهر وصب جزء جديد مكان الجزء التالف بعد نزعه كما يقولون إن هذا التطور سينعكس على الجزء الداخلى من السيارة ، بحيث تدخل التحسينات الحديثة فى صناعة اللدائن فى مختلف تكوينات هذا الجزء الداخلى ، الذى سيحلى بمنتجات من اللدائن الملونة يسهل تنظيفها والعناية بها وصيانتها ، كما أنها ستساعد كثيراً على تلطيف جو السيارة من الداخل ، وزيادة أسباب الراحة فيها .

ولا بد للألمونيوم أن يواجه هذا المنافس الخطير بما يقدمه لصناعة السيارات من مزايا وفوائد واقتصاديات . وعلى كل ، فالشركات المنتجة للألمونيوم تنظر إلى المستقبل بثقة واطمئنان لما تعده له من مفاجآت وطرائف .

الألمونيوم والسكك الحديدية

هناك مثل شائع مشهور يقول بأنه « إذا كانت الدولة تنشىء السكك الحديدية ، فإن السكك الحديدية هى التى تصنع الدولة » . ولقد لعبت السكك الحديدية خلال القرن التاسع عشر دوراً حاسما فى تطور كثير من الدول،وخاصة الولايات المتحدة الأمريكية ، التى ظلت حتى عام ١٨٣٠ ذات مواصلات قليلة تربط بين أجزائها الشرقية ، حيث الصناعة والتجارة ، والجنوب ، حيث زراعة القطن ، والغرب الأوسط الزراعى ، والساحل الغربى الذى لم يكن قد تطور بعد .

ولقد تميزت سنوات السكك الحديدية الأولى بمضاربات ضخمة ومناورات مالية مغرضة . فنى عام ١٨٤٥ فقد آلاف من البريطانيين أموالهم لمساهمتهم فى مشروعات للسكك الحديدية ؛ وفى عام ١٨٤٦ أفلست تسع عشرة شركة من إحدى وعشرين شركة فى فرنسا ؛ وفى ألمانيا ، حيث افتتح أول خط حديدى بالقرب من « نورمبرج » عام ١٨٣٥ أدت فضيحة فى إحدى الشركات الكبرى إلى انتحار « فريدريش ليست » الذى عمل الكثير من أجل تقدم السكك الحديدية .

ولكن النصف الثانى من القرن التاسع عشر كان عصر ازدهار السكك الحديدية فى جميع أنحاء العالم . ويرجع ذلك إلى العدد العديد من المخترعات والتجديدات والتطويرات التى ساهمت فيها الصناعات المعدنية والهندسية بنصيب كبير . فعلاوة على تحسن صناعة القاطرات والقضبان الحديدية تحسنا منقطع النظير ، ومد آلاف من الخطوط الحديدية على طول البلاد وعرضها فى شبكات هائلة استلزمت إدارتها وصيانتها ابتكار الوسائل الفنية الملائمة ، استعمل « جورج وستنجهارس » عام ١٨٦٩ الهواء المضغوط لأول مرة على فرامل القطارات ، وهو اختراع بالغ الأهمية لأنه سمح بسرعات أعلى بكثير من ذى قبل، وابتكرت التعشيقة الآلية عام ١٨٧١ ، ونظام إشارات « البلوكات » عام ١٨٧٤ ، وأول عربة نقل مبردة عام ١٨٧٥ مما سمح بنقل المواد الغذائية القابلة للتلف إلى كافة الأنحاء .

وفى خلال هذا التطور العظيم قام الألمونيوم بدوره المرموق فزاد استعماله باطراد فى صنع عربات الركاب والبضائع وبعض أجزاء القوى المحركة بالقاطرات .

ولا تكاد تخلو عربة من عربات الركاب التى تبنى اليوم من بعض الألمونيوم المستعمل فى صنع أجسامها وهياكلها ، وفى

الأجزاء الداخلية والزخرفية ، علاوة على إطارات النوافذ ، وأرفف الحقائب ، ومعدات الإضاءة ، والمقاعد والأثاثات الأخرى . ولقد أدى استعمال الألمونيوم إلى إمكان تخفيض تكاليف السفر بالسكك الحديدية ، لما نتج عنه من إقلال أعمال الصيانة الطارئة والدورية، وزيادة سعة العربات، وبنائها في أشكال جذابة وتصميمات مريحة اقتصادية ، ففضلها الكثير على وسائل النقل الأخرى وخاصة في المسافات المتوسطة نسبياً ، حيث تزيد أسعار السفر بالطائرات ولعدم وصولها إلى بعض المدن الهامة ، وحيث يقل الإقبال على السيارات لما تتعرض له من مصاعب وأخطار .

وهناك نوع من عربات السكك الحديدية يستعمل فيه الألمونيوم على نطاق واسع ، هو عربات المستودعات التي تنقل السوائل الأكالة حيث لا يصلح الصلب أو المعادن التجارية الأخرى ولقد بدأ استعمال مستودعات الألمونيوم لأول مرة في العربات الحديدية حوالي عام ١٩٢٨ ، ثم بدأ استعمالها في الانتشار مما استلزم سن القوانين واللوائح ووضع المواصفات التي تكفل استعمالها في سلامة وأمان .

ويبنى معظم هذه المستودعات من ألواح الألمونيوم الملحومة

ويتوقف نوع سبيكة الألمونيوم المستعملة فى صنع هذه الألواح على طبيعة السلعة المراد نقلها ، وخصائصها وخواصها الفيزيائية . ومن المواد التى تنقل فى هذه المستودعات ،حمض الخليك ،وأملاح النيلون ، والأحماض الدهنية ، والجلسرين،وحمض الاستياريك ، وحمض النيتريك المركز ، ومحاليل الأسمدة الأزوتية . وبعض هذه المواد لا تنقل إلا إذا كانت بتركيزات محددة أو بدرجات معينة من التلوث بالمركبات الأخرى .

كذلك يتزايد استعمال الألمونيوم فى صنع عربات السكك الحديدية ذات القواديس ، والعربات ذات الثلاجات . وتخضع مثل هذه العربات لاختبارات أداء طويلة المدى قبل إقرار صلاحيتها للاستعمال .

الألمونيوم والصناعات الكهربية

استخدم الألمونيوم فى الصناعات الكهربية منذ حوالى عام ١٨٩٨ حيث صنع منه خط توصيل عالى الضغط. وفى الولايات المتحدة الكهربية يصنع أكثر من ٩٠٪ من خطوط نقل القوى الكهربية على هيئة كبلات من الألمونيوم أو كبلات من الألمونيوم القوى بالصلب ، وهذه الأخيرة استخدمت عام ١٩٠٩ . كذلك فإن حوالى ٣٠ إلى ٤٠ فى المائة من خطوط التوزيع تستعمل فيها موصلات من الألمونيوم .

وفى عام ١٩٥٣ أنتجت الصناعات الكهربية فى الولايات المتحدة حوالى ٦٤٤ مليون مكثف كهربى باستعمال رقائق الألمونيوم .

ويرجع السبب فى استعمال سبيكة الألمونيوم التى تحتوى على ٩٩٫٤٥ فى المائة من الألمونيوم على نطاق واسع إلى انخفاض سعرها وتوصيليتها الكهربية العالية ، ومقاومتها الميكانيكية الملائمة ، ووزنها النوعى المنخفض ، ومقاومتها الممتازة للتآكل .

ويستعمل الألمونيوم كذلك فى تغليف الكبلات ، سواء الألمونيوم عالى النقاء أم سبائكه التجارية .

كما يستعمل على نطاق واسع فى صنع ملفات المحولات الكهربية وفى صنع أنواع من الموصلات تصب فى الخرسانة لحماية المحولات من الأحمال الزائدة . وتستخدم هذه المحولات فى المفاعلات النووية .

ومن التطبيقات الألكترونية التى يستعمل فيها الألمونيوم بصفة أساسية للاستفادة من خصائصه الكهربية وحيث يكون للوزن أهميته شكل أجهزة الرادار ، والترانزستور ، والأنابيب لهوائيات أجهزة التليفزيون ، والعلب لصنع المكثفات وأغطيتها ، والتغليفات عالية النقاوة .

ومن الإستعمالات الأخرى للألمونيوم هياكل المعدات الألكترونية ، وعلب الأجهزة الكهربية فى الطائرات ، والبطاقات المعدنية ، والمسامير والصواميل وبالإضافة إلى ذلك تستعمل أشكال لها زوائد « زعانف » فى سند الأجزاء الألكترونية للتخلص السريع من الحرارة ، كما تستعمل سبيكة المونيومية لترسيب معدن السيلينيوم فى صناعة المقومات الكهربية المصنوعة من هذا المعدن .

وفى مجال الإضاءة الكهربية ، الألمونيوم فى صنع قواعد « اللمبات » ، والقابس « الفيشات » ، وفى صنع أغطية المصابيح للأغراض الزخرفية الجذابة .

وتتفوق رقائق الألمونيوم على جميع المعادن الأخرى فى صنع أقطاب العديد من الأجهزة الكهربية . والتفاصيل الفنية لصنع هذه الأجهزة تخرج عن نطاق هذا الكتاب ، وهى مذكورة بالتفصيل فى الكتب المتخصصة .

ويرجع السبب فى اختيار الألمونيوم وسبائكه لصنع المعدات والأجهزة الكهربية إلى مزاياه العديدة الملائمة : فهو المعدن المفضل لصنع المعدات المنزلية، مثل المكانس الكهربية ، وخلاطات الطعام ، والغسلات ، تنقلها ربات المنازل باستمرار من مكان إلى آخر ، ومن ثم فوزن المعدن الخفيف يجعل من منتجاته سلعاً يقبلن عليها ويفضلنها على السلع المصنوعة من المعادن الأخرى .

كذلك فإن تكاليف تصنيع الألمونيوم المنخفضة ، علاوة على مظهره الجذاب ومقاومته الجيدة للتآكل ، يجعل منه المعدن الاقتصادى المفضل فى كثير من الاستخدامات المنزلية والمعدات التى لا ينتظر أن يقوم أصحابها بصيانتها باستمرار .

ويستعمل الألمونيوم فى صنع الثلاجات الكهربية لسهولة لحامه ، علاوة على خصائص مفضلة أخرى . فمن السهل لحام أنابيب الألمونيوم على الألواح لإنتاج مبخرات أجهزة التثليج التى تتميز بتوصيليتها الحرارية العالية : وانخفاض تكاليف صنعها .

وعامل هام آخر يرجح كفة الألمونيوم على المعادن التجارية الأخرى هو التنوع الكبير فى سبائكه وطرق تشطيبها، كما يمكن إضفاء ألوان جذابة عديدة على هذه السبائك، وهو أمر له أهميته البالغة فى معدات تداول الأغذية وحفظها . لذلك تستعمل سبائك الألمونيوم ذات الألوان الطبيعية فى صنع أدراج الخضروات بالثلاجات ، وعلب مكعبات الثلج ، والأرفف السلكية .



الألمونيوم والصناعات الكيموية

يستعمل الألمونيوم فى صنع كثير من المستودعات والمكثفات وأجهزة التقطير، وملفات التكثيف، وللبخزات، والمرشحات، وصوانى التبريد. ويضيق النطاق عن حصر استعمالات الألمونيوم فى الصناعات الكيموية، ونكتفى بان نسوق هنا بعض أمثلة سريعة.

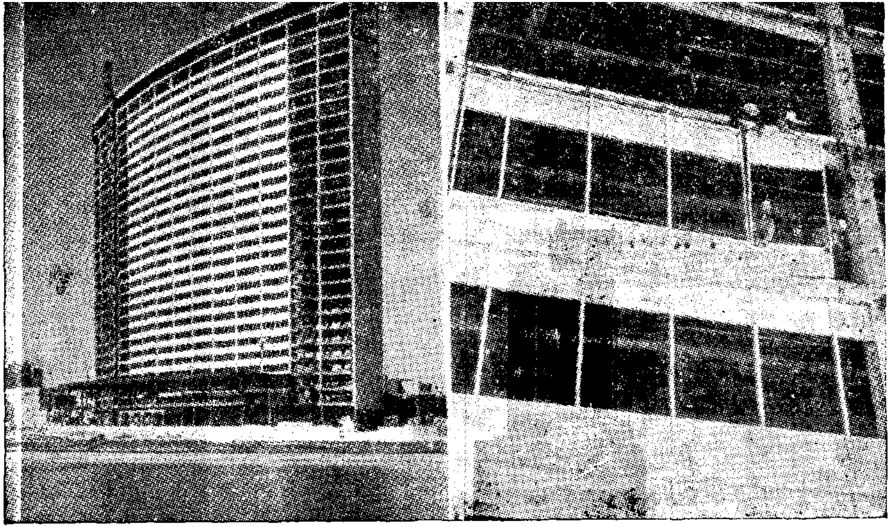
ففى الصناعات البترولية، تصنع بعض سقوف المستودعات الحديدية من الألمونيوم، كما تدهن جدرانها الخارجية بانواع من الطلاء الألمونيومى، وتستعمل أنابيب ومواسير من الألمونيوم فى نقل المنتجات البترولية.

ويقاوم الألمونيوم كل أنواع التآكل التى تحدث فى عمليات تصنيع المطاط، كما أنه يتميز بعدم التصاقه بكل أنواع المطاط المعروفة.

وفى الطاقة الذرية، يستعمل الألمونيوم فى تغليف العدات تحتوى على اليورانيوم لحمايته من التآكل بالماء، كما أنه فعال فى نقل الحرارة من اليورانيوم إلى الماء. وتستخدم مستودعات مصنوعة من الألمونيوم فى تخزين الماء الثقيل.

ومن الأمثلة الأخرى لاستخدام الألمونيوم فى الصناعات الكيماوية ، نذكر أجهزة ومعدات الألمونيوم التى تستخدم فى صناعة الإيثير ، والجلسرين ، والصابون ، والشمع ، والحرير الصناعى ، والسليلويد ، والمفرقعات ، والكحول ، والروائح العطرية ، والأصباغ ، والورنيشات ، والمنسوجات .

ويفضل الألمونيوم على الخشب والنحاس فى صناعة البيرة ، وذلك لعدم تأثيرة على القدرة الإنتاجية لخلايا الخمائر ، ولأنه أفضل من الخشب المسامى الذى يصعب تنظيفه ، كما يقال أنه لايطفىء بريق هذا المشروب ولا يضفى عليه مذاقا غير مستساغ .



مبنى إحدى الشركات الصناعية أستعمل فى تشييده وتأثيثه حوالى ألف طن من الألمونيوم ، أكثر من نصفها فى بناء الواجهة التى تبين الصورة اليمنى كيفية بنائها . واستعمل باقى الألمونيوم فى صنع الأبواب والأسقف والدرابزينات والأثاثات وللمعدات الميكانيكية والكهربية

الألمونيوم والمنشآت الثابتة

يتزايد استعمال الألمونيوم فى المنشآت الثابتة ، مثل المبانى والكبارى والأبراج . ويفضل هذا المعدن على غيره من المواد الإنشائية حيث يكون لخفة الوزن أو تكاليف الصيانة الاعتبار الأول .

ومن الأمثلة الكلاسيكية التى تذكر لاستعمال الألمونيوم فى الأغراض الإنشائية ، قبة سان چيا كينو فى روما التى غطيت بألواح من الألمونيوم عام ١٨٩٧ ، وعندما اختبرت بعد أربعين عاما من تركيبها وجد أنها لا تزال سليمة لم تتأثر بعوامل الجو بحيث كان متوسط ما فقدته من سمكها بسبب الصدأ لا يتعدى جزءا من عشرين جزء من المليمتر .

ومن أهم استعمالات الألمونيوم فى المبانى الريفية باوروبا وأمريكا ، دخوله فى بناء أسقف هذه المبانى على هيئة ألواح مموجة أو مقواة بأساليب أخرى .

ويقتصر استعمال الالمونيوم فى المبانى الصناعية على الأجزاء المعرضة للجو وتغير الطقس ، مثال ذلك جوانب هذه المبانى

وأرففها ، كما يستعمل فى صنع إطارات الأبواب والنوافذ ومقابضها . إلا أن استعماله يتزايد فى إنشاء وتغليف بعض جدران المصانع للاستفادة من قدرته على أن يعكس أشعة الشمس ، مما يجعل درجة الحرارة داخل هذه المصانع معتدلة ومحتملة .

وتتحدث المجلات المعمارية والإنشائية عن كثير من استعمالات الالومنيوم فى المنازل والمدارس والمستشفيات والمؤسسات التجارية ومبانى المكاتب . ولقد أقيم منذ عهد قريب معرض « للبيت المثالى » فى لندن ، عرض فيه مهندسان إنجليزيان نموذجا حقيقيا لمسكن يعتقدان أنه سيكون البيت المثالى عام ١٩٨٠ . فعلاوة على المعدات المنزلية ، مثل أدوات الطهى والغسالات والمكانس ، صنع المهندسان سطح المنزل العلوى من مادة عازلة مغطاة بصفائح رقيقة من الالومنيوم لتعكس أشعة الشمس ، كما بنيا الجدران الخارجية المشتركة بين المنازل المتجاورة من مادة عازلة للصوت وصامدة للحريق وغلفاها بالألومنيوم الرقيق .

وشيدت إحدى شركات الألومنيوم الكبرى فى الولايات المتحدة مبناها الضخم من قطاعات وألواح الألومنيوم بحيث تكون مع الزجاج الهيكل الاساسى لهذا المبنى وجدرانه الخارجية . ومن الرائع حقاً مشاهدة هذا المبنى الشامخ ليلا عندما تسلط

عليه الأضواء الملونة التي يعكسها بريق الألومنيوم وصفاء الزجاج .

واستبدل باحجار برج كتدرائية السيد المسيح بمونتريال ، كندا ، قوالب مصبوبة من الألومنيوم ، عولجت بطريقة خاصة فاصبحت تماثل أحجار الكتدرائية التي لم تستبدل .

ومن المعروف أن مبنى « الامبايرستيت » الذى تم بناؤه عام ١٩٣١ هو أعلى مبنى فى العالم إذ يبلغ ارتفاعه اثنين ومائة طابق . ولقد صنعت قمة ناطحة السحاب هذه من الألمونيوم الخفيف ، فجاء جمالها متزنا مع روعة المبنى وضخامته .

ويتالق مبنى سكرتيرية الأمم المتحدة بنيويورك الذى أنشىء عام ١٩٥٠ ، والذى يعد من أحسن المبانى المعروفة فى القرن العشرين ، بالزجاج المُزْرَق والألمونيوم ، فجاء تصميمه مثالاً حياً على الطراز العالمى للعمارة .

وقد هلل المعماريون للمهندس الأمريكى « فولار » منذ أن أنشا قبته الهندسية التى جاءت نتيجة لبحوث وحسابات رياضية كثيرة ، وصنعها من هيكل معدنى مغطى بالواح من الألمونيوم الدقيق . ويبلغ ارتفاع القبة الهندسية للمسرح المنشأ فى فورت ورث بمدينة تكساس حوالى عشرين مترا وقطرها حوالى أربعين مترا ، وأقيمت فى سبعة أيام ونصف يوم ،

بما فى ذلك غطاؤها الخارجى المصنوع من الألمونيوم .

وليس هذا إلا بعض أمثلة لاستعمال الألمونيوم فى الإنشاءات المعمارية الضخمة ، ولا يعنى هذا أن استعماله يقصر على الروائع المعمارية ، بل تنشا فى الإتحاد السوفيتى وفى الولايات المتحدة مبان متنقلة مصنوعة من الألمونيوم ، يمكن فكها أو تجميعها فى ساعات معدودات ، وتصلح بالأخص للبنوك الفرعية ، والمدارس المؤقتة ، ومكاتب المقاولين فى مواقع العمل ، وغير ذلك من الإنشاءات الخفيفة .

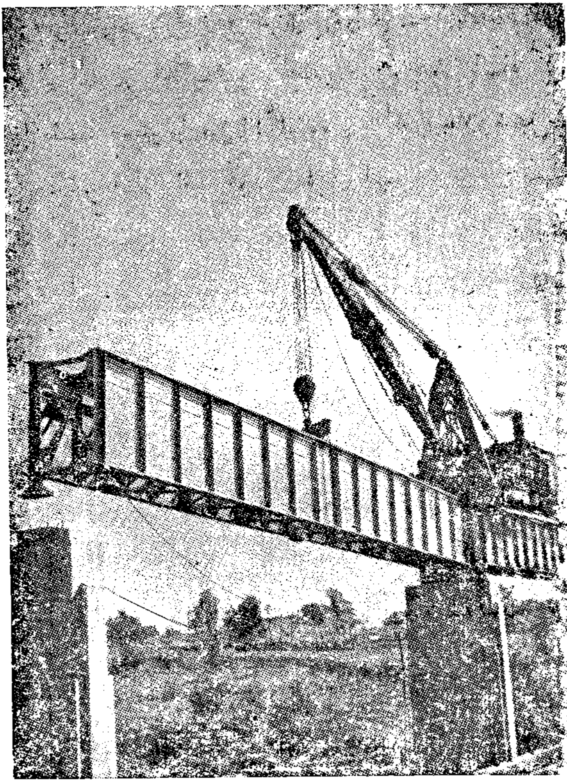
وأعلنت إحدى الشركات عن « كافتريا » متنقلة مصنوعة من الألمونيوم يمكن إدخالها فى صندوق سيارة نقل عادية . وتركب الوحدة على قضبان داخل سيارة النقل ، ثم تزلق إلى الخارج من مؤخرة السيارة . وتحتوى الكافتريا على ستة أقسام ثلاثة منها معزولة ومزودة بمواقد لتقديم الطعام الساخن ، والأقسام الثلاثة الباقية تحتوى على الطعام الذى لا يحتاج إلى تسخين . ويمكن لهذه الوحدة نقل أكثر من ٢٥٠ رطلا من الطعام ، مع توفر حيز يكفى لنقل كميات أخرى إضافية .

ويستعمل قدر كبير من الألمونيوم فى بناء ملحقات الكبارى ، مثل « الدرابزينات » ، وأعمدة الإضاءة ، وأبراج

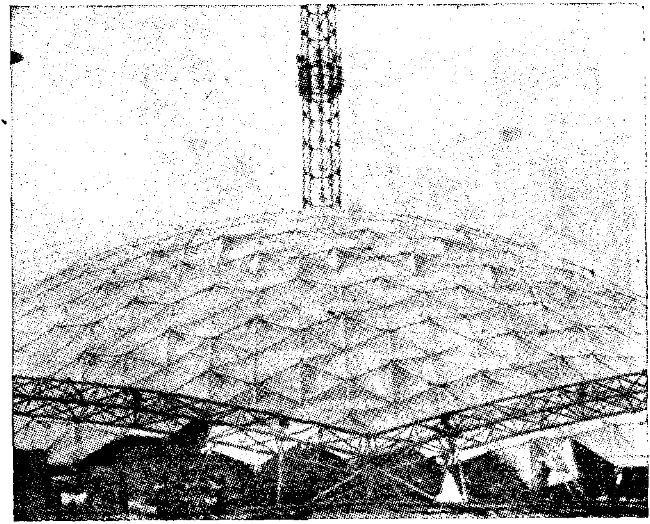
مراقبة حركة المرور . وتجرى بحوث لاستعمال الالمونيوم فى بناء الكبارى الخفيفة والمتنقلة . وتم فعلا بناء كبارى عسكرية متنقلة مصنوعة من الألمونيوم بالجملة ، علاوة على بعض الكبارى العلوية التى تنشا فوق الطرق السريعة .

ويتزايد استعمال الألمونيوم فى صنع السلالم والمشايات والمنشآت الكهربية ؛ وكذلك فى إنشاء الأوناش والمعدات الناقلة الأخرى .

ويطلى كثير من المنشآت المعدنية بمواد دهان أساسها الألمونيوم . كما استعملت هذه المواد فى طلاء منشآت مبنية بالخراسانة أو غيرها من مواد البناء الأخرى فازدادت بذلك مقاومتها للتغيرات الجوية . وكسيت جدران عدد كبير من صوامع الغلال الخرسانية بهذا النوع من الطلاء لتصمد للتقلبات الجوية .

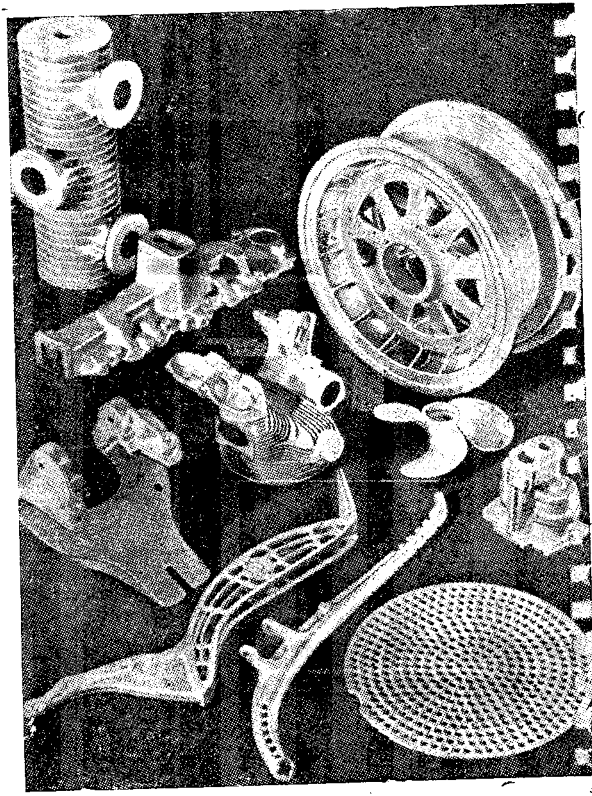


(شكل ٤)
كوبرى مصنوع من سبائك الألمونيوم



(شكل ٥)

أنشئت هذه القبة لمبنى أحد المعارض الدولية من الألمونيوم المغلف بالذهب بطريقة المعاملة الأنودية . ويبلغ قطر القبة حوالى ٧٠ متراً ووزنها ٤٠ طناً تقريباً ، وتستند على « جمالون » من الصلب



(شكل ٦)

مصبوبات مختلفة من الألمونيوم مشكلة فى قوالب من الرمل .

مصبوبات الألمونيوم

لم تتضح المزايا الكاملة لاستخدام سبائك الألمونيوم في صنع المصبوبات « المسبوكات » إلا بعد ابتكار أنواع منها تصلح لعمليات المسبك . ومنذ حوالى عام ١٩١٥ أطردت الزيادة في استخدام مصبوبات سبائك الألمونيوم نتيجة لعدة ظروف ، كالإنخفاض التدريجي في التكاليف ، والتوسع في وسائل النقل الجوى ، علاوة على القوة الدافعة للتحسين والتطوير التى أحدثتها الحربان العالميتان الأخيرتان .

ولاستخدام سبائك الألمونيوم فى صنع المصبوبات مزايا معينة ، أهمها خفة الوزن بالنسبة للمعادن الأخرى ، وذلك حيث يصلح الألمونيوم ومعدن آخر فى غرض معين . فمشاكل صهر وصب الألمونيوم مثلا أقل من مشاكل صب الصلب والحديد الزهر ، حيث أن درجة حرارة انصهار الألمونيوم أقل نسبياً ، كما أن خفة وزنه تقلل من تكاليف شحن ونقل المصبوبات،وهو عامل هام فى اقتصاديات التوريد والاستيراد .

ويمكن صب سبائك الألمونيوم بالطرق المعروفة بالمسابك ، وأهمها الصب فى قوالب من الرمل ، وفى قوالب دائمة ، وفى قوالب معدنية تحت ضغط .

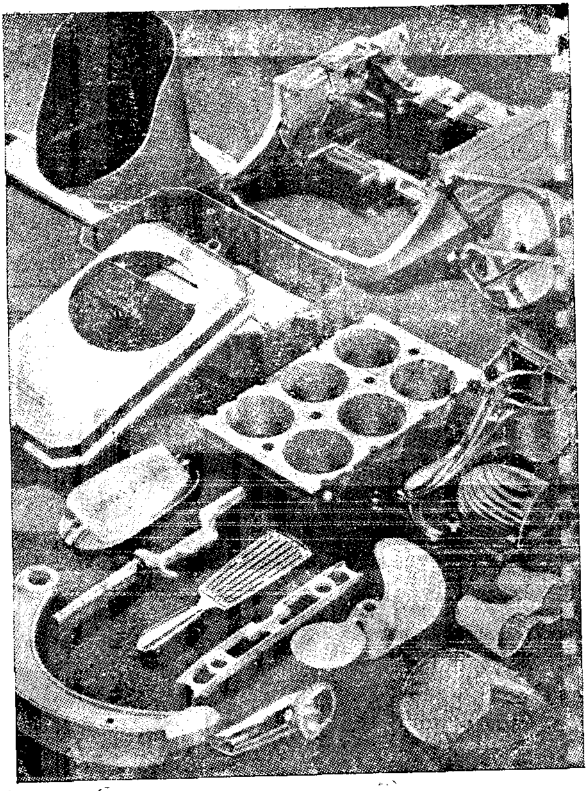
وفى طريقة الصب فى قوالب رملية ، يصنع القالب من الرمل، الذى تتوقف خواصه على نوع المصبوبات المطلوبة . مثال ذلك يستعمل الرمل دقيق الحبيبات فى صنع المصبوبات الصغيرة ، ويستعمل الرمل الأكثر خشونة نسبياً لعمل المصبوبات الكبيرة .

وفى طريقه الصب فى قوالب دائمة ، تصنع القوالب بحيث يمكن تكرار استعمالها مرات عديدة . وتصنع هذه القوالب عادة من الصلب أو الحديد الزهر . وتصب السبيكة المنصهرة فى فجوة القالب صبا عاديا بتأثير ثقلها لتكوين المصبوبة المطلوبة . وتقل تكاليف مصبوبات القوالب الدائمة عن تكاليف مصبوبات الرمل كلما زاد عدد القطع المطلوب انتاجها ، وذلك لأن القالب الرملى يجهز عادة لمصبوبة واحدة فى حين توزع تكاليف تجهيز القالب الدائم على عدد القطع المنتجة فيه .

ويختلف الصلب فى قوالب معدنية تحت ضغط عن الصب فى قولب دائمة فى أن المعدن المنصهر يدفع فى القوالب الأولى مع تسليط ضغط عليه . ويمتاز الصب فى القوالب المعدنية تحت ضغط بمكن الحصول على معدلات انتاج عالية ، والدقة الكبيرة فى مقاسات المصبوبات المنتجة ، وإنتاج المصبوبات الصغيرة ذات الجدران الرقيقة .

وتشترك طريقة الصب فى قوالب دائمة مع طريقة الصب فى قوالب معدنية تحت ضغط فى انتاج مصبوبات عديدة ، إذ يمكن استخدام أى من الطريقتين فى إنتاجها . وهناك بعض مصبوبات يشيع انتاجها بطريقة القوالب الدائمة ، نذكر منها أجزاء السيارات مثل الأجزاء الكهربية وأغطية « الكاربرتر » ، وكذلك علب المرافق للدراجات البخارية ، وقواعد المصابيح الكهربية المستخدمة فى المناجم ، ومغاليق الأبواب ، وإطارات آلات التصوير ، وأجزاء الساعات ، وأجزاء من المعدات المنزلية، مثل المكانس الكهربية والغسالات ، وبعض أجزاء أجهزة الراديو والتليفزيون .

وتنتج معظم مكابس « بساتم » السيارات والطائرات بطريقة القوالب الدائمة. ولقد بدأ استعمال المكابس المنتجة بهذه الطريقة حوالى عام ١٩١٣، عندما قامت بعض شركات السيارات البلجيكية والفرنسية بإنتاجها لسيارات السباق ، وإلى حد ما لسيارات الركوب . وبنشوب الحرب العالمية الأولى استخدمت المكابس الألمونيومية المنتجة فى قوالب دائمة على نطاق واسع فى محركات الطائرات . ولم يكد يحل عام ١٩٢٤ حتى كانت معظم مكابس السيارات تنتج بهذه الطريقة .



(شكل ٦)
مصبويات مختلفة من الألمنيوم مشكلة فى قوالب من الرمل

تشكيل الألمونيوم وسبائكه

درفلة الألمونيوم :

تنتج بهذا الأسلوب أشكال وقطاعات عديدة ، منها الألواح والرقائق والمواسير والقضبان المستديرة أو المربعة ، وعلى هيئة قطاعات مختلفة أخرى . وتستعمل درافيل اسطوانية تشكل بها ممرات لإنتاج القضبان والقطاعات الإنشائية المختلفة ، فى حين تستخدم درافيل اسطوانية مستقيمة لتشكيل الألواح والشرائط والرقائق .

وتنتج رقائق الألمونيوم بدرفلة الألواح إلى تخانات رقيقة جدا . وتستعمل فى تعبئة وتغليف السجائر والحلوى رقائق قد تصل تخانتها إلى حوالى ٠٫٠٠٨ من المليمتر ، فى حين تتراوح تخانة الرقائق المستخدمة فى تغليف الأطعمة من ٠٫٠٠٨ إلى ٠٫٠٠١٧٥ من المليمتر حسب نوع التغليف المطلوب .

ويمكن تغطية رقائق الألمونيوم باللاكيه الملون بألوان مختلفة لأغراض الزخرفة والزينة ، كما يمكن تغطيتها بمواد راتنجية راقية لاستخدامها فى تغليف المواد التى قد تحدث تآكلا

فى الألمونيوم إذا ظلت مخزونة لفترات طويلة . ويمكن الطبع على هذه الرقائق أو عمل بروزات فيها ، كما هى الحال فى البطاقات التجارية .

ويضيق المجال عن حصر استعمالات ألواح الألمونيوم ، فهى تستخدم فى بناء أجسام الطائرات والمستودعات والمعدات الكيموية والدوائية ، كما أشرنا إلى ذلك فى الفصول السابقة .

مطروقات الألمونيوم :

يصنع عدد كبير من أجزاء الطائرات — كما ذكرنا — على هيئة مطروقات لما يمتاز به من قوة ومتانة وخفة فى الوزن . وتنتج المطروقات بضغط سبائك الألمونيوم فى قوالب تشكيل لتأخذ السبيكة شكل التجويف المفرغ فى القالب . وقد يلزم لتشكيل مطروقات الألمونيوم عدة قوالب تشكيل ، بحيث يتم فى أحدها تشكيل القطعة مبدئياً ، وفى القالب الثانى تضبط إلى حد ما أبعاد القطعة ، وهكذا حتى يتم إنتاجها بشكلها النهائى فى قوالب تشطيب :

بثق الألمونيوم :

إذا ضغطنا على أنبوبة معجون الأسنان مع رفع غطائها يبرز

المعجون من فوهتها ، أى ينبثق منها . وهذه هى الفكرة الأساسية فى عملية بثق المعادن . ومن أشكال الألمونيوم الشائعة التى تنتج بطريقة البثق ، الزوايا والقضبان والأعمدة والأشكال الإنشائية الأخرى . وهى الطريقة التى تستخدم فى صنع أنابيب تعبئة معاجين الأسنان وصابون الحلاقة ومنتجات الزينة وألوان الرسم بالزيت .

الكبس والتقعير :

يستخدم هذا الأسلوب فى إنتاج الأوانى والأوعية المنزلية وغير ذلك بوضع ألواح الألمونيوم تحت سنبك له الشكل والأبعاد المطلوبة ، وبتعريض المعدن لضغط السنبك يتشكل بشكل الحيز المحصور بين جسم السنبك وبين التجويف الداخلى للقالب . وقد يتم الكبس فى عدة عمليات متتالية . ومن الاستخدامات الصناعية لطريقة الكبس والتقعير إنتاج الأجهزة العاكسة ، وقواعد المصابيح الكهربية ، وأغطية مصابيح الأنوار الكاشفة للسيارات ، والصناديق الصغيرة ، والمعدات الحربية مثل زمزميات الجنود والخوذات وتركيبات الأثاثات المعدنية ، وعلب أجهزة التصوير ، ومناظير الأوبرا والمناظير الحربية ، وغير ذلك .

التشكيل على المخارط :

وهو أسلوب يشبه إلى حد ما أسلوب الكبس والتقعير . ويتم التشكيل بدفع اللوح المعدنى المركب على رأس دوارة بوساطة أداة حنى ، فينساب اللوح مع الرأس بضغط أداة الحنى عليه ويتشكل بشكل قالب أو نموذج مربوط فى الرأس الدوارة. وفى بعض الأحيان، يثبت القالب واللوح بينما تدور أداة الحنى ذاتها.

ويستخدم هذا الأسلوب كذلك فى صنع الأوانى والأوعية والصحان المنزلية ، وما شابه ذلك من المنتجات ذات الأجسام الدورانية .

لحام الألمونيوم وسبائكه :

يمكن استخدام معظم أساليب اللحام المعروفة فى لحام الألمونيوم وسبائكه. وأهم هذه الأساليب اللحام بغاز الأكسجين والأسيتيلين ، واللحام بالقوس الكهربى ، واللحام بالمقاومة الكهربية . ولا يتطلب لحام الألمونيوم عالى النقاوة معاملة خاصة من حيث الطريقة الفنية للحام ، كذلك من السهل لحام الألمونيوم النقى تجارياً بجميع طرق اللحام . ومن الممكن لحام جميع سبائك الألمونيوم بالطرق المعروفة ، إلا أنه يلزم لها

معاملات خاصة وتجهيزات معينة قبل إجراء اللحام و بعده .

ويستعمل اللحام على نطاق واسع لتجميع ألواح الألمونيوم وقطاعاته المختلفة فى صناعة الطائرات والسفن والمركبات كما سلفت الإشارة إليه وفى صنع المعدات الكيموية والدوائية . كما يستعمل اللحام فى إصلاح مصبوبات الألمونيوم التى بها عيوب نتيجة لأشغال المسبك . ومن استعمالاته الهامة الأخرى إصلاح المصبوبات التى تكون قد تشدخت أو انكسرت . كما يمكن لحام مصبوبات الألمونيوم مع منتجاته المشكلة ، مثل الألواح والمواسير والقطاعات الأخرى ، وبذلك نحصل على منتجات وتجميعات منها تتكون من أشكال مختلفة معقدة ورقيقة .

زخرفة الألمونيوم ووقاية سطوح منتجاته

يكتسى الألمونيوم بمجرد تعرضه للجو بطبقة رقيقة جداً وغير مرئية من أكسيد الألمونيوم تتكون على سطحه فتقيه من المؤثرات الخارجية التى يتعرض لها فى كثير من الظروف . إلا أن طبقة الأكسيد الطبيعية هذه لا تكفى فى بعض الأحيان لحماية المعدن أو لإكسابه لوناً زخرفياً جذابا .

ويمكن الحصول على طبقة أكسيد لها تخانة كبيرة نسبياً على سطوح منتجات الألمونيوم بوضعها فى محلول الكتروليتى مناسب بحيث يكون الألمونيوم متصلا بالأنود ، وبإمرار التيار الكهربى فى المحلول يتصاعد الأكسجين عند الأنود ويتحد بسطح الألمونيوم مكوناً طبقة مسامية من أكسيد الألمونيوم . وبالنسبة لتوصيل مشغولات الألمونيوم بالأنود ، تسمى هذه الطريقة « المعاملة الأنودية » .

ومن أهم الأوساط الإلكتروليتية حمض الكبريتيك الذى يغطى الألمونيوم النقى بطبقة شفافة لا لون لها من الأكسيد ، ويكون لون الطبقة مائلا إلى الرمادى إذا كان الألمونيوم محتويا

على نسبة من السليكون . واستخدام حمض الكروميك يكون طبقة من الأكسيد رمادية اللون تتوقف شفافيتها على التركيب الكيموى لسبيكة الألمونيوم . أما حمض الأكساليك فيعطى طبقة أكسيد فضية أو برونزية اللون حسب تركيب السبيكة . ولقد أمكن كذلك الحصول على طبقة معتمة من الأكسيد باستخدام بعض الكيمويات المحتوية على التيتانيوم أوالزركونيوم وعندئذ يشبه سطح الألمونيوم الخزف أو البلاستك اللامع .

وقد تكون مشغولات الألمونيوم وسبائكه بعد معاملتها بالأكسدة الأنودية ، وذلك باستعمال أنواع خاصة من الأصباغ العضوية تكسب السطح مقدرة على الصمود للضوء والحرارة . ويستفاد من الأكسدة الأنودية فى الحصول على طبقة أكسيد مسامية يمكن أن تمتص الأصباغ .

كذلك يمكن تلوين طبقة أكسيد الألمونيوم بألوان غير عضوية تتشربها مسام هذه الطبقة . ولا يوضع اللون باستعمال الفرشاة ، بل نحصل على اللون المطلوب باستخدام محاليل كيموية خاصة . مثال ذلك ، يلون الألمونيوم باللون الأسود باستعمال محلولين مستقلين من خلات الكوبلت وكبريتيد الصوديوم . ويلون باللون الأخضر باستعمال محلولين من كبريتات النحاس

وزرنيخيت الصوديوم ، وباللون الأحمر بمحلولين من كبريتات النحاس وسيانيد البوتاسيوم الحديدى .

وتستخدم الأكسدة الأنودية للألمونيوم فى زخرفة وتلوين الأدوات المنزلية مثل الأكواب والصحاف وأوانى الزهور وسلال الحلوى الألمونيومية ، فتضفى عليها رونقا وجمالا ويطول عمر استخدامها . كما تستخدم أحيانا فى صنع اللوحات العامة كالخرائط السياحية التى توضع فى الميادين العامة ، ولوحات مواقف الأتوبيسات وإرشاد العربات .

ويستعمل الألمونيوم المعالج بالأكسدة الأنودية فى صنع كثير من الأدوات المعمارية ، مثل « كريتال » النوافذ ومقابض الأبواب وواجهات المحلات التجارية والأرفف وغيرها .

ولا يقتصر استخدام الأكسدة الأنودية على مجرد التلوين والزخرفة ، بل توجد طريقة أكسدة أنودية لتصليد سطوح الألمونيوم وهى تسمى طرية « تصليد السطوح بالأنودة » . وتستخدم فى بعض الأغراض الصناعية الهامة كصناعة الطائرات ، وصناعة الأجزاء التى يلزم أن تكون سطوحها صلدة قوية مثل المكابس « البساتم » والأسطوانات « السلندرات » وبطانتها وأجزاء التوربينات الغازية . وعلاوة على الصلاة الكبيرة

لسطوح المنتجات المعاملة بهذه الطريقة فإنها رخيصة التكاليف وسهلة التنفيذ .

* * *

ويمكن تكوين تغليفات أكسيدية على الألمونيوم باستخدام محاليل كيموية معينة استخداما مباشراً ، ولا تكون هذه التغليفات بمثل صلادة ومقاومة تغليفات المعاملة الأنودية . ومع ذلك فإن التغليفات الكيموية تكفى لكثير من الأغراض . ومن المحاليل المستعملة للحصول على هذه التكسية ، محلول يتكون من كربونات الصوديوم وثنائى كرومات البوتاسيوم أو الصوديوم . وينتج المحلول الساخن الملامس لسطح الألمونيوم تغليفاً رمادياً تتوقف تخانته على فترة تعريض المشغوت للمحلول .

* * *

كذلك يمكن طلاء الألمونيوم كهربياً بمعادن أخرى . وفى العادة ترسب على سطح الألمونيوم طبقة أولية من الزنك ، وبذلك يمكن ترسيب بعض المعادن الأخرى عليها كهربياً مثل النحاس والنيكل والكروم والفضة والنحاس الأصفر والقصدير .

وتطلى بعض المعدات الكهربية بالفضة لتخفيض مقاومتها

الكهربية أولتحسين توصيلية سطوحها . والتكسيات المصنوعة من النحاس الأصفر تسهل عملية « فلكنة » المطاط على سطوح الألمونيوم . وترسب طبقات سميكة من الكروم على سطح بعض المنتجات الألمونيومية للإقلال من الاحتكاك وزيادة مقاومتها للتآكل الميكانيكى . ويرسب الزنك على الأجزاء الملولبة « المقلوظة » لمنع « زرجنتها » فى حالات استخدام الشحوم العضوية . وقد تستخدم تغليفات من القصدير للإقلال من احتكاك السطوح التى ينزلق بعضها على بعض .

* * *

وتلتصق الدهانات جيداً بطبقة الأكسيد الطبيعية التى تتكون على سطوح الألمونيوم . ويمكن إجراء الدهان باستخدام الفرشاة العادية .

ومن الطبيعى أن تزال الزيوت والشحومات والمواد العالقة بسطح الألمونيوم قبل دهانه أو تكسيته . وفى الأشغال الإنتاجية قد تنظف المشغولات بتغطيسها فى سائل تنظيف . ويوجد سائل معروف لتنظيف الألمونيوم يتكون من كربونات الصوديوم وفوسفات الصوديوم وسليكات الصوديوم ، ويلى المعالجة بهذا المحلول غسل المشغولات وتجفيفها جيدا .

ويمكن إكساب مشغولات الألمونيوم سطحاً لامعاً « مسنفرا » بتغطيسها فى محلول ساخن من الصودا الكاوية ثم فى حمض نيتريك مركز « جزء واحد من الماء وجزء واحد من حمض النيتريك المركز » ، يلى ذلك غسل المشغولات بالماء وتجفيفها بسرعة . والغرض من استعمال حمض النيتريك ، هو معاملة المخلفات القلوية وتلميع السطوح .

مسحوق الألمونيوم

ينتج الألمونيوم على هيئة مسحوق ليستعمل فى أغراض عديدة حربية ومدنية . ويحضر المسحوق باحدى طريقتين تعرف إحداهما باسم « طريقة التذرية » والأخرى باسم « طريقة الأقراص » . ويتوقف اختيار إحدى الطريقتين على الغرض الذى سيستعمل فيه المسحوق المنتج .

ولإنتاج مسحوق الألمونيوم بطريقة التذرية ، يصهر الألمونيوم النقى وترفع درجة حرارته إلى أعلى من درجة حرارة انصهاره ، ثم يصب المصهور فى وعاء من الصلب مبطن بمادة عازلة للحرارة وبه فتحة جانبية قرب القاع تركب عليها فوهة التذرية . وبفتح صمام للهواء المضغوط حول الفوهة مع إمرار الألمونيوم المنصهر خلال الفتحة الجانبية يخرج الألمونيوم على هيئة رذاذ ويتجمد مكونا مسحوق الألمونيوم .

وفى طريقة الأقراص ، يصهر الألمونيوم ثم يصب فوق قرص يدور بسرعة عالية ، ويوجد أسفله حوض به ماء بارد . وبملامسة قطرات مصهور الألمونيوم لسطح القرص الدوار تتناثر

بفعل القوة الطاردة المركزية على شكل شرائح رقيقة تجمع وتوضع فى مكنات بها مطارق فتحول إلى فتات صغيرة ، ثم تستخدم مكنة أخرى لتحويل الفتات إلى مسحوق .

استعمالات مسحوق الألمونيوم :

١ — عمل الدهانات فضية اللون :

يمزج المسحوق مع المكونات الأخرى للدهان ثم تجرى عليه عمليات كيموية ملائمة للحصول على الدهان فى شكله النهائى . ويستخدم هذا الدهان فى طلاء المعدات التى يراد وقايتها من العوامل الجوية أو ليعكس نسبة كبيرة من ضوء الشمس وبذلك لا ترتفع درجة حرارة السوائل أو المواد الموجودة فى هذه المعدات . ويستخدم هذا الدهان على نطاق واسع فى طلاء المستودعات البترولية ، وعربات السكك الحديدية ، وأعمدة الإنارة ، إلخ . .

انتاج المسبوكات بالضغط :

عند تسخين مسحوق الألمونيوم إلى درجة حرارة أقل من درجة انصهاره فإنه يكتسب خاصة اللزوجة . ويستفاد من هذه الخاصة لصنع الأجزاء التى يصعب تشكيلها من المعدن المنصهر ،

وذلك بأن تعد قوالب لها شكل القطع المراد انتاجها وتملأ بالمسحوق الساخن الذى يكبس فى القالب تحت ضغط فيتماسك المسحوق ويتشكل بشكل تجويف القالب . ومن مزايا هذه الطريقة أنها تستهلك حرارة أقل مما يلزم لصهر المعدن ، وأنها لا تستلزم عمليات صقل تالية ، علاوة على أنها تنتج الأجزاء التى يصعب صبها . وتستخدم هذه الطريقة فى صنع مقابض الأبواب وأيادى الأدراج وغير ذلك .

صناعة الطوب المسامى :

يعجن خليط من أسمنت بورتلاند ومسحوق الألمونيوم والرمل الناعم مع نسبة معينة من الماء ، وتضاف مادة غروية إلى المخلوط . وفى أثناء تجمد العجينة يتفاعل مسحوق الألمونيوم مع السليكات القلوية الموجودة فى أسمنت بورتلاند ، ويتولد الإيدروجين على هيئة فقاعات صغيرة لا يتصاعد إلى خارج العجينة لأن المادة الغروية تعوق ذلك . وتكون القوالب الناتجة من هذه العجينة بعد جفافها مسامية خفيفة الوزن . وهذه الصفات تجعلها ملائمة للاستخدام بمثابة مادة عازلة للعوامل الجوية . لذلك تستخدم هذه القوالب فى بناء المنازل وغيرها للاحتفاظ بدرجة حرارتها الداخلية .

في صناعة اللدائن :

يضاف مسحوق الألمونيوم إلى عجائن البلاستك قبل تشكيلها فتكسبها لمعانا فضياً . كذلك تضاف إلى العجائن بطريقة خاصة بحيث تبدو المشغولات لامعة فى بعض مواضعها، ومعتمة فى المواضع الأخرى ، وبذلك يمكن إكساب هذه المشغولات ظلالا لونية جذابة .

فى صناعة الصلب :

يستعمل مسحوق الألمونيوم بمثابة عامل اختزال فى صناعة الصلب : إذ بإضافة نسبة معينة من المسحوق إلى الحديد عند صهره تقل قابليته للتأكسد ، كما أنه يختزل الشوائب الموجودة فى المعدن .

الترميت :

الترميت مخلوط من مسحوق الألمونيوم وأكسيد الحديد . وعند احتراق هذا المخلوط ينترع الألمونيوم الأكسجين من أكسيد الحديد وينتج عن ذلك أكسيد الألمونيوم والحديد الفلزى : وفى بعض الأحيان يضاف إلى مخلوط أكسيد الحديد ومسحوق الألمونيوم كميات صغيرة من بعض المعادن الأخرى ،

مثل النيكل والمنجنيز ، للحصول على سبائك معينة من الصلب . ويستخدم الثرميت فى لحام المعادن وفى صنع القنابل الحارقة .

وكان « ڤوتين » أول من اكتشف تفاعل هذا المخلوط عام ١٨٩٤ ، وتمكن العالم الألمانى دكتور « هانز جولد شميت » من الإستفادة من هذا التفاعل فى لحام قضيبين من الصلب بوساطة الصلب المصهور الناتج .

وهناك طريقة أخرى مبتكرة تعتبر تعديلا للطريقة الأولى ، يطلق عليها «طريقة كادويل» على اسم مكتشفها ، وفيها يستخدم فى المخلوط الثرميتى أكسيد النحاس بدلا من أكسيد الحديد للحصول على النحاس المنصهر الذى يستخدم فى لحام الكبلات الكهربية .

ولإجراء عملية اللحام بالثرميت ، يوضع مخلوط مسحوق الألمونيوم والأكسيد المعدنى بوتقة مصنوعة من مادة صامدة للحرارة . وبعد إشعال الخليط وتكون المعدن المنصهر يصب هذا المعدن من فوهة البوتقة إلى خيز سبق تجهيزه حول حافتى القطعتين المراد لحامهما ، فينصهر بالتالى جزء من الحافتين نتيجة للحرارة الشديدة . وبتجمد منطقة المعدن المنصهر تتلاحم القطعتان وتتماسكان .

ويستخدم الثرميت في صنع القنابل الحارقة ، حيث تكون الحرارة المتولدة كافية لإضرام الحرائق فيما تقع عليه من أهداف وقد تتكون القنبلة من اسطوانة من المجنزيوم محشوة بالثرميت ، ويوجد عند طرفها الأسفل مادة مفجرة تشتعل بمجرد اصطدام القنبلة بالهدف ، فتشعل بدورها مخلوط الثرميت ، الذى يؤدى إلى اشتعال المجنزيوم . وتكون الحرارة المتولدة من الصلب المنصهر ومن المجنزيوم كافية لإشعال حرائق خطرة .

ويشكل الطرف العلوى للقنبلة بشكل انسانى ذى ريش معدنية ، بحيث يكون هذا الطرف أخف جزء فى القنبلة ، وبالتالى تهوى القنبلة وطرفها المحتوى على المادة المفجرة فى المقدمة . وتدور القنبلة حول نفسها أثناء سقوطها بفعل الهواء والريش المعدنية مما يسهل اشتعال المادة المفجرة ، فالأجزاء الأخرى التى تنفجر وتتطاير وهى مشتعلة إلى المناطق المحيطة بها فتندلع فيها النيران .

الألمونيوم والجمهورية العربية المتحدة

كانت الجمهورية العربية المتحدة تعتمد على استيراد الألمونيوم لسد حاجة الإستهلاك المحلى والصناعات التشكيلية التى تقوم على استعمال هذا المعدن الهام . ومن هذه الصناعات التشكيلية ، الصناعات الحربية ، وصناعة الأدوات المنزلية ، مثل الأوانى والصحاف وأدوات الطهى ، وعلب النعبئة وسحب الأسلاك ، وتشكيل المقاطع والمواسير لاستعمالها فى الأغراض الإنشائية والمعمارية والهندسية ، وتصنيع الأسلاك والكبلات الكهربائية والصفائح والأوراق والألواح والمساحيق

واهتمت الهيئة العامة للتوحيد القياسى بوضع مواصفات قياسية عن الألمونيوم الخام ومنتجاته بحيث تشمل هذه المواصفات التركيب الكيموى للألمونيوم وسبائكه ، وخواصها الفيزيائية والميكانيكية ، والطرق القياسية لأخذ العينات ، وشروط التفتيش والتحكيم . وتوالى هذه الهيئة إصدار المواصفات التى تختص بمنتجات الألمونيوم واستعمالاتها المختلفة للأغراض الهندسية المتنوعة .

ويقوم المركز القومى للبحوث ومعامل البحوث التابعة للشركات المعدنية باجراء بحوث متخصصة لتطوير الألمونيوم وخاماته وسبائكه بما يلائم الإحتياجات المحلية ويفى بالاشتراطات الفنية اللازم توافرها فى منتجات الجمهورية .

ونتيجة للنقص فى استيراد النحاس ، وارتفاع أسعاره العالمية فقد تقرر التصريح بانتاج الكبلات الكهربائية من مادة الألمونيوم بدلا من النحاس ، وتم انتاجها فعلا .

وليس من شك أن هذه الخطوة حاسمة للتوسع فى استعمال الألمونيوم لصناعة الموصلات والكبلات الكهربية ، ويفتح ميدانا جديدا للبحث العلمى والاقتصادى فى مجال هذه الصناعة .

ومع تزايد إستهلاك الجمهورية من الألمونيوم ، اتجهت الدولة إلى إنتاج الألمونيوم محلياً ، على أن يتم ذلك فى المرحلة الأولى من التصنيع باستيراد خاماته ، ثم استخلاص هذه الخامات محلياً بحيث يتم إنشاء مصانع متكاملة تكتفى ذاتياً بما يتوافر فى الجمهورية من طاقة كهربائية وخامات متاحة .

* * *

وتمثل قيمة واردات الجمهورية العربية المتحدة عام ١٩٦٢

من الألمونيوم حوالى ٤٪ من جملة قيمة واردات المعادن العادية ومصنوعاتها التى تشمل الحديد الزهر والصلب والنحاس والنيكل والألمونيوم والرصاص والزنك والقصدير والمعادن التجارية الأخرى ، ومخاليطها وآلات قاطعة ومصنوعات متنوعة من هذه المعادن العادية (*) .

وتتكون واردات الجمهورية من الألمونيوم ، من ألمونيوم خام وفضلات وخردة ألمونيوم ، وقضبان وعيدان وزوايا وأشكال ومقاطع خاصة ، وأسلاك وصفائح وأوراق وألواح ومساحيق ، وأنابيب ومواسير وقضبان مجوفة ولوازمها ، ومنشآت كاملة أو غير كاملة ، ومقاطع ومواسير مهيأة للاستعمال فى المنشآت والصهاريج وغيرها ، وبراميل وصفائح وغيرها من أوعية مماثلة ، وأسطوانات لتعبئة الغازات المضغوطة والمسيلة ، وشباك ومنسوجات معدنية من أسلاك الألمونيوم ، وأدوات منزلية ومطبخية وصحيــة وأجزائها ، ومصنوعات أخرى من الألمونيوم .

ولقد ازدادت واردات الجمهورية من الألمونيوم زيادة مطردة

(*) جميع الأرقام والبيانات الواردة هنا مصدرها مصلحة الإحصاء والتعداد .

خلال الأعوام ١٩٥٣ — ١٩٦٤ حيث كانت ألف طن عام ١٩٥٣ قيمتها ٤٢٩ ألف جنيه ، زادت إلى ٤٥٠٠ طن سنة ١٩٦٢ قيمتها ١٫٣ مليون جنيه .

ويأتى الاتحاد السوفيتى فى المرتبة الأولى من الدول التى تستورد منها الجمهورية العربية الألمونيوم . وتمثل قيمة المستورد منه ٢٤ ٪ من جملة قيمة المستورد كله من الألمونيوم عام ١٩٦٢ وقد بلغت الواردات من الاتحاد السوفيتى ألف طن سنة ١٩٥٨ قيمتها ٢٧٧ ألف جنيه ، ارتفعت إلى ١٥٠٠ طن عام ١٩٦١ قيمتها ٣٣٥ ألف جنيه ، وانخفضت إلى ١٤٠٠ طن قيمتها ٣٠٣ ألف جنيه عام ١٩٦٢ .

وتأتى المجر فى المرتبة الثانية ، ويمثل قيمة المستورد منها حوالى ٢٠ ٪ من قيمة جملة المستورد عام ١٩٦٢ ، ويبلغ ألف طن قيمة ٢٥٥ ألف جنيه .

وكندا هى ثالث دولة موردة للجمهورية العربية المتحدة ، ويمثل قيمة المستورد منها حوالى ١١ ٪ من جملة المستورد عام ١٩٦٢ ، ويبلغ ٦٩٠ طناً قيمته ١٢٣ ألف جنيه .

ومن الدول الأخرى التى يستورد منها الألمونيوم هى على التوالى : سويسرا ، فرنسا ، ألمانيا الغربية ، المملكة المتحدة ،

الصين . ويبلغ المستورد من كل منها وقيمته عام ١٩٦٢ كالآتى على التوالى : ٣٧١ طن قيمتها ١٣٠ ألف جنيه « سويسرا » ، ٢٢٥ طن قيمتها ١٠٧ ألف جنيه « فرنسا » ، ١٣٠ طن قيمتها ٦٦ ألف جنيه « ألمانيا الغربية » ، ١٦٩ طن قيمتها ٦٢ ألف جنيه « المملكة المتحدة » ، ١٥٢ طن قيمتها ٤٩ ألف جنيه « الصين الشعبية » .

وهناك بعض دول أخرى تستورد منها الجمهورية العربية المتحدة كميات أقل من الألمونيوم ، نذكر منها إيطاليا وإسبانيا .

* * *

ومما هو جدير بالذكر أن عدة مسابك متخصصة بالجمهورية تقوم بتصنيع الخردة والفضلات الألمونيومية المتخلفة عن المصانع إلى مصبوبات مختلفة ، وبذلك تسد جانباً من قطع الغيار اللازمة للسيارات والصناعات الكهربية والميكانيكية والكيموية والبترولية . ويتطور إنتاج هذه المصبوبات بحيث يكاد يضارع مثيلاتها المستوردة من الخارج .

وبالنسبة لتزايد استخدام الألمونيوم فى الجمهورية خلال السنوات الماضية فلقد درست هيئة التصنيع مشروعا لصناعة استخلاص الألمونيوم بحيث تكون طاقة المصنع ٤٠٠٠٠ طن من الألمونيوم سنوياً .

ويقوم المشروع على أساس الاستيراد الألومينا « أكسيد الألمونيوم » على أن تستخدم ما ينتج منها محليا إذا أثبتت الدراسات إمكان إنتاجها من خامة الفلين المصرى بصورة اقتصادية . وتتوقف إمكانيات هذه الصناعة على سعر التيار الكهربى وعلى أساس الاستفادة من كهرباء السد العالى .

ولقد اتضحت من الدراسات التمهيدية أن فائض كهرباء خزان أسوان لا يكفى لتغطية احتياجات المشروع ، كما أنه لا يناسب صناعة الألمونيوم التى تتطلب طاقة كهربية ثابتة بصفة مستمرة . لذلك ستقوم هذه الصناعة على أساس الاستفادة من كهرباء السد العالى بطاقتها الوفيرة وسعرها المناسب .

وتمثل الطاقة الكهربية اللازمة لهذه الصناعات جزءاً رئيسيا من تكاليف الإنتاج ، حيث أن الطن من الألمونيوم يستلزم ١٨٠٠٠ كيلووات — ساعة .

لذلك فإن توفر الكهرباء من السد العالى بسعر منخفض عنصر هام ودافع قوى لقيام هذه الصناعة . ولما كانت الكهرباء ستتاح من السد العالى حوالى منتصف عام ١٩٦٧ ، فقد رؤى أن يخطط للمشروع على أساس البدء فى إنتاج الألمونيوم ابتداء من هذا التاريخ .

ولعل من المشوق أن نستعرض أهم المواقع التى تناولتها الدراسات الفنية لإقامة المشروع ، وهى أسوان والإسكندرية والقصير . واختيار موقع لصناعة الألمونيوم يتوقف على عناصر متعددة أهمها ولا شك توافر الكهرباء ورخص سعرها نسبياً ، ثم تكاليف النقل ، وفرق الأجور بين المواقع المختلفة .

وتتميز أسوان بانها أفضل المواقع من حيث سعر التيار الكهربى . ورغم أن هذا السعر لم يحدد بعد بصفة نهائية إلا أنه من المتوقع أن لا يزيد عن ٨ر٠ من المليم للكيلووات—ساعة . ولكن يقابل هذا أن تكاليف نقل الخامات المستوردة إلى أسوان وكذلك نقل المنتجات إلى الإسكندرية للتصدير وإلى القاهرة بوصفها مركز ثقل التصنيع تكون أعلى مما لو أنشىء المصنع فى الإسكندرية ، مثلا . ولقد قدرت هذه الزيادة بحوالى ٧ جنيهات عن الإسكندرية .

وتقل الأجور والمرتبات فى الاسكندرية بحوالى ٣٠٪ عنها فى أسوان . وهذه ميزة أخرى تضاف إلى الاسكندرية إذا اختيرت موقعاً للمشروع بجانب تكاليف نقل الخامات نسبياً .

والاتجاه إلى إقامة مشروع استخلاص الألمونيوم فى منطقة ميناء القصير له ما يبرره كذلك . فالقصير هى أقرب ميناء بحرى

لأسوان ، مما يخفض من تكاليف نقل الخامات المستوردة والمنتجات المصدرة . كما أن الاتجاه العام إلى تنمية الصناعة بهذه المنطقة لإنعاشها ، وتجهيز مينائها بجميع التسهيلات والمرافق اللازمة ، وإمداد المنطقة بالمياه العذبة ، والتفكير فى ربطها مع وادى النيل بسكة حديدية ، كل هذه العوامل تضاف إلى كفة منطقة القصير ، وخاصة أن فرق سعر الكهرباء بين أسوان والقصير لن يتجاوز ٠ر٦ من المليم لكل كيلووات ساعة .

وهناك ميزة أخرى فى صالح اختيار منطقة القصير لإقامة مصنع الألمونيوم « إذا تم إنشاء المرافق اللازمة » ، وهى أن إقامة الصناعات فى هذه المنطقة سيخفف من أعباء عمليات النقل التى تتزايد لو ركزت أغلب الصناعات باسوان .

ونرجو أن نكون قداستعرضنا هذه المواقع الثلاثة المرشحة لإقامة مصنع الألمونيوم فى أمانة — ودون تحيز لأحدها — بما يعطى للقارىء صورة أولية عن التخطيط لإقامة المشروعات . وما سقناه هنا باختصار ودون أرقام بيانية إنما هو فكرة سريعة لبحوث وإحصاءات واسعة للعناصر الاجتماعية والفنية والاقتصادية تصاحب مثل هذه المشروعات الضخمة التى تؤثر على الاقتصاد القومى بصفة عامة . ويتناول الخبراء كل هذه

العناصر بالبحث والتمحيص قبل أن يستقر الرأى على الموقع النهائى للمشروع . وهناك بعض مشاكل قد تبدو بسيطة فى مظهرها ولكنها تؤثر على أى مشروع تأثيرا جوهرياً ، مثال ذلك الإسكان وتوافر الأيدى العاملة ، وصلاحية الطقس وجودة المناخ سواء للعاملين أم للعمليات الإنتاجية ذاتها ، وتسويق المنتجات الفرعية ، ومصادر الخامات المحلية اللازمة للإنتاج ، وغير ذلك مما لا بد أن يدرس دراسة وافية بجانب العناصر الرئيسية للمشروع .

ومهما كان موقع مشروع استخلاص الألمونيوم ، فمن أهم مزايا تنفيذ هذا المشروع بالجمهورية العربية المتحدة ، الآتى :

١ — الوفر فى العملات الأجنبية . ولقد رأينا أن الجمهورية العربية المتحدة قد استوردت من الألمونيوم عام ١٩٦٢ حوالى ٤٥٠٠ طنا قيمتها ١ر٣ مليون جنيه . ومن المتوقع أن يصل الاستهلاك المحلى إلى حوالى ٨٠٠٠ طن فى نهاية عام ١٩٦٧ . وبعد نحو عامين ، أى فى أوائل عام ١٩٧٠ . سيصل الاستهلاك المحلى منه إلى حوالى ١٠٠٠٠ طن سنوياً .

٢ — تشغيل عدد كبير من الأيدى العاملة .

٣ — إقامة هذه الصناعة المعدنية يتبعها قيام ونمو صناعات أخرى تحويلية وهندسية للألمونيوم ، علاوة على المجالات التجارية . كذلك فمن الممكن أن يستبدل ببعض المواد والمعادن الأخرى التي تستورد بالعملات الصعبة استخدام الألمونيوم بدلا منها . ولقد رأينا أن الدولة تتجه الآن إلى الاستعاضة عن النحاس بالألمونيوم فى صناعة الكبلات والموصلات الكهربية . وبالمثل يمكن استخدام الألمونيوم فى كثير من الصناعات والمجالات التى تستعمل فيها حاليا معادن أخرى نستوردها من الخارج وتتعرض لتذبذب أسعار الأسواق العالمية وتقلب التيارات السياسية الخارجية ، علاوة على مشاكل النقل والعملات الصعبة . ومن الواضح أن فتح هذه المجالات المحلية الجديدة نتيجة لتصنيع الألمونيوم يؤدى إلى استيعاب عدد كبير آخر من الأيدى العاملة.

٤ — زيادة العمران ورفع المستوى الاقتصادى والاجتماعى. وهذا عامل اقتصادى عام وهام ، تؤدى فيه الصناعة والتصنيع دوراً بالغ الأهمية .

* * *

ولقد سبق القول بتوافر كميات ضخمة من النفلين فى الجمهورية العربية المتحدة . وتتراوح نسبة الألومينا فيها من ٢٠ إلى ٥٠

فى المـائة . وتبشر جهود العلماء المصريين بابتكار وتطوير طريقة لاستخلاص الألومينا من النفلين ، بحيث يمكن أن نحصل من أربعة أطنان منه «و١٥ طنا من الحجر الجيرى » على حوالى طن من الألومينا « وطن من كربونات الصوديوم والبوتاسيوم و١٠ أطنان من الأسمنت » .

فإذا كان مشروع استخلاص الألومنيوم بالجمهورية العربية المتحدة يستهدف فى مرحلته الأولى استخدام الألومينا المستوردة ، فإن استغلال الألومينا المحلية فى المرحلة الثانية يحقق الاكتفاء الذاتى لهذه الصناعة الأساسية بالغة الأهمية . وليس من شك أن توافر طريقة اقتصادية لإنتاج الألومينا محليا يخطو بصناعة الألمونيوم خطوات واسعة علاوة على إمكانيات التوسع فى الصناعات الهندسية والإنشائية التى يدخل فيها استعمال الألمونيوم وسبائكه . والأمل كبير فى أن ينجح العلماء المصريون فى تحقيق هذه الطريقة ، وهو ما تبشر به النتائج التى حصلوا عليها حتى الآن .

طرائف واستعمالات أخرى للألومنيوم

للألومنيوم استعمالات أخرى عديدة تخرج عن الحصر ، وما نسوقه هنا ليس سوى البعض منها ، نرجو أن يعطى فكرة واضحة عن هذه الإستعمالات .

* يستعمل الألومنيوم فى صناعة الأثاثات المعدنية ، مثل المكاتب والمقاعد والمناضد ، والأشكال الغالبة المستعملة فى ذلك هى الألواح والأنابيب والقطاعات الصغيرة . ولقد تقدمت كثيرا صناعة الأثاثات الألومنيومية وتنتج منها تصميمات طريفة ومريحة خاصة لغرف المكاتب والمبانى العامة .

* ويدخل الألومنيوم فى صنع كثير من معدات تداول الأطعمة والكيمويات ، لما له من خواص غير سامة ، كما أنه لا يتشظى ولا تاوى إليه البكتريا ، ويمكن تنظيفه بالبخار . ويستفاد من مقاومة الألومنيوم للتآكل فى صنع أوعية وعلب شحن المنتجات القابلة للكسر ، والكيمويات ، ودهانات التجميل والزينة . وتستعمل أوعية كبيرة محكمة الغلق من الألومنيوم لتعبئة الكيمويات التى تنقل بالسكك الحديدية

أو اللوارى . ومن الأمثلة الأخرى لمعدات تداول المنتجات ، مضخات نقل السوائل ، وعربات نقل البضائع من الطائرات وإليها ، والدلاء «الجرادل» وصوانى المخابز ، وعلب المشروبات الروحية .

* ويناسب الألمونيوم استعمالات تعبئة الأغذية ، مثل علب الحلوى والفطائر و « البسكوت » ، وتفضل ربات البيوت هذه العلب التى يستعملنها بعد ذلك فى كثير من الأغراض المنزلية .

* ولقد تزايد إستعمال المعدات المصنوعة من الألمونيوم فى مناجم الفحم وخصوصاً فى السنوات الأخيرة ، بما فى ذلك عربات نقل الفحم ، والمعدات التى لا تولد الشرر ، والغرابيل المعدنية . ويمتاز الألمونيوم بمقاومته للعوامل الأكالة التى توجد فى مناجم الفحم ، كما أنه سهل التنظيف ولا يلتصق به الفحم المبتل ، وهو مقاوم جيد للتمزق والإهتزازات والبرى والتشقق .

* ويضاف الألمونيوم على هيئة قشور دقيقة إلى الدهانات للإستفادة من قدرة المعدن المعاكسة ومتانته ومقاومته لتغلغل الرطوبة . ومن الاستعمالات الأخرى للمساحيق والمعاجين الألمونيومية ، صناعة أحبار الطباعة ، والصابون ، والخرسانة ،

ولحام الترميت ، كما أنها تضاف إلى بعض أنواع الوقود لزيادة طاقتها الحرارية .

* ويستعمل الألمونيوم على نطاق واسع فى صنع معدات الغزل والنسيج ، وذلك على هيئة أنابيب وألواح ومطروقات ومصبوبات « مسبوكات » ومنتجات مشكلة بالبثق ، وهو يقاوم كثيرا من العوامل الأكالة السائدة فى مصانع الغزل والنسيج . وتتضح فائدته — بالأخص — فى صنع الأجزاء التى تدور بسرعة عالية بالنسبة لخفة وزنه ومتانته .

* ولأنابيب الألمونيوم استعمالات عديدة فى معدات رى الأراضى بالرش ، وفى نقل الماء والسوائل المختلفة ، وفى التركيبات العلوية حيث يستفاد من خفة وزنه فى عدم زيادة تحميل المنشآت والهياكل الحاملة للمعدات .

* وكلنا يعرف مدى انتشار الألمونيوم فى صنع أوانى ومعدات الطهى ، ولا يكاد يستغنى المنزل الحديث عن عشرات الأدوات المصنوعة من الألمونيوم الذى ظهر فى أول الأمر كمنافس خطير للنحاس ثم احتل مكانه تماماً ، علاوة على مجالات أخرى عديدة فى مطابخ المنازل والمصانع ، وفى المقاهى والمشارب والنوادى .

* وتستعمل مقادير كبيرة من الألمونيوم فى صنع العدد « النقالى » ، بما فى ذلك أجزاء المثاقيب والمناشير والمفكات والمقصات والمطارق الآلية والعدد الثابتة التى تركب على المناضد.

* ويدخل الألمونيوم فى صناعات الورق والطباعة ، حيث يستخدم فى صنع الطنابير و « السلندرات » التى تدور بسرعات عالية . وخفة وزن المعدن تؤدى إلى الإقلال من القوة الطاردة المركزية التى تتعرض لها هذه الأجزاء الدوارة بسرعة .

* وتستخدم سبائك الألمونيوم فى صنع الأجهزة الدقيقة . والساعات ، مثل أغطية المعدات الصناعية منها ، والمؤشرات « العقارب » وتجرى بحوث عديدة فى هذا المجال للإستفادة من من خواص الألمونيوم فى صنع هذه الأجهزة الحساسة التى يجب أن تكون فى نفس الوقت متينة ولا تتأثر بالعوامل الخارجية :

* وللألمونيوم قدرة عاكسة كبيرة قد تصل إلى ٩٥٪ فى حالة السطوح المصنوعة من الألمونيوم على النقاوة . ويتفوق الألمونيوم على المعادن الأخرى فى مقدرته على أن يعكس أشعة الشمس أو الأشعة تحت الحمراء . وهو يقاوم الإعتام من الكبريتات والأكاسيد والعوامل الجوية الملوثة لذلك يستعمل على نطاق واسع فى صنع المرايا ومعدات الأنوار الكشافة ، والمناظير . وتستخدم فى إعداد

سطوح هذه المعدات أساليب تشطيب غاية فى الدقة والتفوق .

* ويشيع استعمال أنواع بسيطة من أوانى الطهى الشمسية ، وتتكون الواحدة منها من عاكس مقعر مصنوع من الألمونيوم مركب على ساق حديدية رأسية . وتقع حرارة الشمس المركزة على الإناء الموضوع على ماسك من شبك سلكى موصول بالعاكس .

وتمر الأفران الشمسية بمرحلة تجريبية ، ولكن مما لا شك فيه أن هذه الأفران ستطور للإستفادة منها فى الدول التى تسطع فيها الشمس طوال العام . ويدخل الألمونيوم فى صنع المرايا والسطوح العاكسة بهذه الأفران .

* وللألمونيوم استعمالاته فى الأغراض الزخرفية، فيستخدم فى صنع أغطية الانوار الكهربية بدور السينما والملاهى والمحلات العامة والتجارية . كما يتزايد استعماله فى صنع التماثيل . ومن الأمثلة المبكرة على ذلك تمثال « إيروز » إله الحب الذى ظل قائما فى ميدان بيكادلى بنلدن أكثر عاما معرضا لجوها المتقلب المشهور بكثرة ضبابه ومطره دون أن يمسه ضرر يذكر بسبب الصدأ .

طرائف من الألمونيوم عن المجلات العلمية :

* تقوم شركة أمريكية بتوريد أنابيب للبنادق متعددة المقاسات ومصنوعة من الألمونيوم . وكل أنبوبة تمثل بطانة مستقلة لماسورة البندقية . ويمكن باستخدام هذه الأنابيب تحويل بندقية الصيد من عيار إلى آخر بمجرد إدخال أنبوبة العيار المطلوب فى الماسورة مع استعمال مفك صغير لتثبيتها . والأنابيب مصنوعة من سبائك الألمونيوم المتينة ، وتتراوح مقاسات العيارات من العيار ١٢ إلى العيار ١٤٠ .

* صنع فى بريطانيا منشار آلى خفيف يشغله موتور صغير ويستخدم فى قطع الأخشاب . ويتميز هذا المنشار بخفة وزنه مما يقلل إلى حد كبير من الجهد الذى يبذله مستعمل المنشار .

* يلعب الألمونيوم دوراً إنسانياً طريفاً فى تيسير متعة ركوب الدراجات للأطفال المكفوفين. وتتكون حلبة ركوب الدراجات من عمود رأسى مركزى تتصل به قصبات أو أذرع من الألمونيوم تتصل فى نهاياتها الأخرى بالدرجات . وبدوران العمود المركزى تدور الدراجات فى اتجاه دائرى وتمنعها الأذرع المثبتة بها من السقوط أو الانقلاب . وتستوعب الحلبة الواحدة أكثر من ١٨ دراجة فى وقت واحد .

* تنتج إحدى شركات الخزف الأمريكية «أطقما» للشاى والقهوة مصنوعة من الألومينا وتمتاز فناجين وأطباق هذه «الأطقم» بعدم قابليتها للكسر علاوة على إمكان زخرفتها بحيث تضارع أطقم الصينى المعتادة من حيث جمال الشكل وسهولة التنظيف وثبات ألوانها، وتمتاز عنها بخفة الوزن وأنها لاتنكسر.

* صنع باب جذاب فى كنيسة «شبيزا دى ليناتى» فى إيطاليا من الألمونيوم ومزخرف بقطاعات من الألمونيوم المصبوب لإضافة عنصر الجمال الفنى على شكله.

* أقيم فى الهند جراج من ألواح الألمونيوم المموجة دون هيا كل معدانية ولا يزيد وزن الجراج الواحد على ٤٦٥ رطلا، وطوله حوالى ٨ أمتار وله باب ليفتح إلى أعلى.

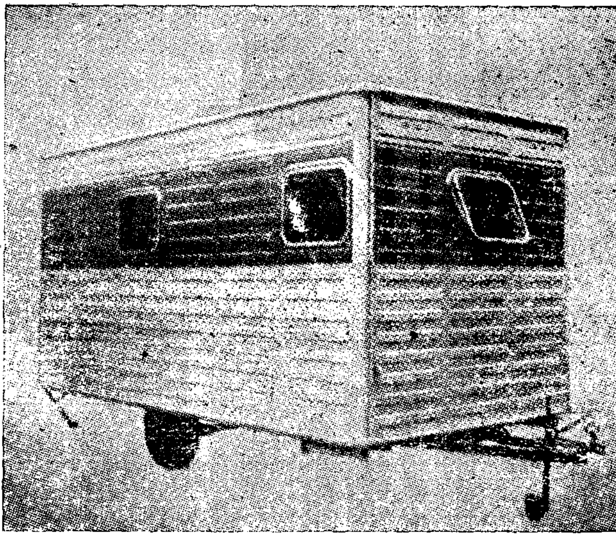
* ينتج أحد المصانع الإنجليزية مقطورات خفيفة الوزن من الألمونيوم، ويبلغ الحجم السكلى للمقطورة حوالى ٢٧ متراً مكعباً.

* أنتج محرك جديد ذو أربعة أشواط مبرد بالهواء لإدارة مكنات الحصاد، مجموعات الشحن، والمضخات، ومكنات تهذيب الحشائش. ويستعمل الألمونيوم فى صنع رأس «السلندر»، والسكباس، ودراع التوصيل، وعلبة الزيت. لذلك فإن وزن هذا المحرك لا يزيد على ١٠ كيلو جرام.

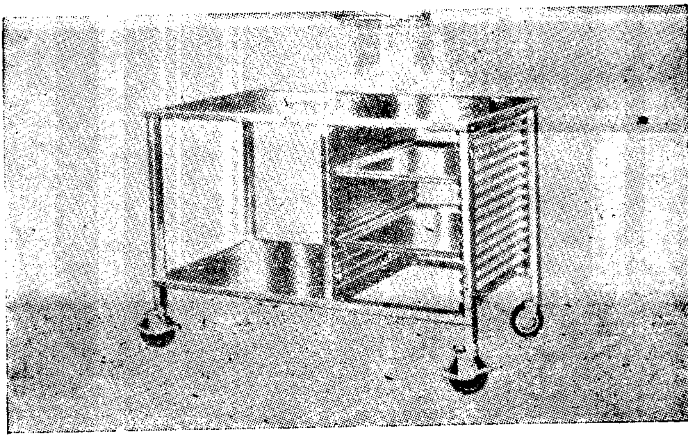
تستخدم فى الباكستان مواعين وصنادل لنقل البضائع ذات هيا كل خارجية مصنوعة من الألمونيوم .

* تنتج فى ألمانيا أغطية لسيقان عمال المناجم مصنوعة من الألمونيوم . وتتكون الواقيات من لألمونيوم المبطن بالمطاط الإسفنجى وتركب بأشرطة من الجلد .

* تستخدم فى كثير من لمصانع خوذات لوقاية رءوس العمال مصنوعة من الألمونيوم ، وتمتاز هذه الخودات بمتانتها وخفة وزنها .



(شكل ٨)
مقطورة الألمونيوم طولها حوالى ٥ر٤ مترا
وعرضها ٥ر٢ مترا وارتفاعها متران



(شكل ٩)

حامل متحرك يستعمل فى المطابخ مصنوع بأكمله من الألمونيوم
ويمكن نزع وتركيب أرففه بسهولة

المراجع

١ — سبائك الألمونيوم فى الهندسة الإنشائية ، د . محمود طلعت ، مجلة المهندسين العدد السابع ، يوليو وأغسطس ١٩٥٠ .

٢ — الثروة المعدنية ، و . ر . جونس ، ترجمة د . زكى حتحوت و د . أنور عبد الواحد ، دار الهلال ، القاهرة ١٩٦٠ .

٣ — الجيولوجيا فى خدمة الإنسان ، و . فيرنسيدر و ا . بولمان ، ترجمه د . محمود إبراهيم عطيه ، دار القلم ، القاهرة .

٤ — صناعه بودرة الألمونيوم ، كامل عزب ، النشرة الصناعية ، العدد الأول .

٥ — الأكسدة الأنودية للألمونيوم ، جمال الدين مراد ، مجلة الصناعات الحربية والمعدنية ، العدد التاسع ، ابريل ١٩٦٤ .

٦ — هندسه اللحام ، ب . روسى ، ترجمه د . أنور عبد الواحد ، دار النهضة العربية ، القاهرة .

٧ — جغرافيه المعادن والقوى ، د . عز الدين فريد وزملاؤه ، مكتبه النهضة المصرية ، القاهرة .

٨ — ثروة أفريقيا المعدنية ، د . سليمان محمود سليمان ، دار المعرفة ، القاهرة .

9 — A History of Technology, Clarendon Press, Oxford, 1958.
10 — The Metallurgy of Aluminium and Aluminium Alloys, R.J. Anderson, H.C. Baird, New York, 1925.
11 — The Aluminium Industry, J. D. Edwards, F. Ć. Eray, Z. Jeffries, Mc - Grew - Hill Company, New York, 1930.
12 — Non - Ferroua Production Metallurgy, J. L. Bray, John Wiley & Sons, Second Edition, 1947.
13 — Metals Handbook, 8 th Edition, 1963, The American Society for Metals.
14 — Metallurgy of the Non - Ferrous Metals, W. H. Dennis, Pitman & Sons, London, 1961.
15 — Handbook of Non - Ferrous Metallurgy, D.M. Liddell, Mc - Grew - Hill Company, New York, Second Edition, 1945.

مجلات ونشرات علمية مختلفة .

المكتبة الثقافية

تحقق اشتراكية الثقافة

صدر منها :

١	— الثقافة العربية أسبق من ثقافة اليونان والعبريين	للاستاذ عباس محمود العقاد
٢	— الاشتراكية والشيوعية ...	للاستاذ على أدهم
٣	— الظاهر بيبرس فى القصص الشعبي	للدكتور عبد الحميد يونس
٤	— قصة التطور	للدكتور انور عبد العليم
٥	— طب وسحر	للدكتور بول غليونجى
٦	— فجر القصة	للاستاذ يحيي حقي
٧	— الشرق الفنان	للدكتور زكى نجيب محمود
٨	— رمضان	للاستاذ حسن عبد الوهاب
٩	— أعلام الصحابة	للاستاذ محمد خالد
١٠	— الشرق والإسلام	للاستاذ عبد الرحمن صدقى
١١	— المريخ	للدكتور جمال الدين الفندى والدكتور محمود خيرى

١٢ — فن الشعر ... ... للدكتور محمد مندور
١٣ — الاقتصاد السياسى ... ... للاستاذ احمد محمد عبد الخالق
١٤ — الصحافة المصرية... ... ... للدكتور عبد اللطيف حمزة
١٥ — التخطيط القومى ... ... للدكتور إبراهيم حلمى عبد الرحمن
١٦ — اتحادنا فلسفة خلقية ... ... للدكتور ثروت عكاشة
١٧ — اشتراكية بلدنا ... ... للأستاذ عبد المنعم الصاوى
١٨ — طريق الغد ... ... للاستاذ حسن عباس زكى
١٩ — التشريع الإسلامى وأثره فى الفقه الغربى } للدكتور محمد يوسف موسى
٢٠ — العبقرية فى الفن ... ... للدكتور مصطفى سويف
٢١ — قصة الأرض فى إقليم مصر ... للاستاذ محمد صبيح
٢٢ — قصة الذرة ... ... للدكتور إسماعيل بسيونى هزاع
٢٣ — صلاح الدين الأيوبى بين شعراء عصره وكتابه } للدكتور احمد أحمد بدوى
٢٤ — الحب الإلهى فى التصوف الإسلامى للدكتور محمد مصطفى حلمى
٢٥ — تاريخ الفلك عند العرب ... للدكتور إمام إبراهيم احمد
٢٦ — صراع البترول فى العالم العربى للدكتور أحمد سويلم العمرى
٢٧ — القومية العربية ... ... للدكتور أحمد فؤاد الأهوانى
٢٨ — القانون والحياة ... ... للدكتور عبد الفتاح عبد الباقى
٢٩ — قضية كينيا ... ... للدكتور عبد العزيز كامل
٣٠ — الثورة العرابية... ... ... للدكتور أحمد عبد الرحيم مصطفى
٣١ — فنون التصوير المعاصر ... للاستاذ محمد صدقى الجباخنجى
٣٢ — الرسول فى بيته ... ... للاستاذ عبد الوهاب حمودة

٧٥ — البحر الأحمر والاستعمار ... للدكتور جلال يحيي
٧٦ — دورات الحياة ... ... للدكتور عبد المحسن صالح
٧٧ — الإسلام والمسلمون في القارة الأمريكية } للدكتور محمد يوسف الشواربي
٧٨ — الصحافة والمجتمع ... ... للدكتور عبد اللطيف حمزة
٧٩ — الوراثة ... ... للدكتور عبد الحافظ حلمي
٨٠ — الفن الاسلامي في العصر الأيوبي للدكتور محمد عبد العزيز
٨١ — ساعات حرجة في حياة الرسول للأستاذ عبد الوهاب حمودة
٨٢ — صور من الحياة ... ... للدكتور مصطفى عبد العزيز
٨٣ — جياد فلسفي ... ... للدكتور يحيي هويدي
٨٤ — سلوك الحيوان ... ... للدكتور أحمد حماد الحسيني
٨٥ — ايام في الاسلام ... ... للأستاذ أحمد الشرباصي
٨٦ — تعمير الصحاري ... ... للدكتور عز الدين فراج
٨٧ — سكان الكواكب ... ... للدكتور إمام إبراهيم احمد
٨٨ — العرب والتتار ... ... للدكتور إبراهيم احمد العدوي
٨٩ — قصة المعادن الثمينة ... ... للدكتور أنور عبد الوحد
٩٠ — أضواء على المجتمع العربي ... للدكتور صلاح الدين عبد الوهاب
٩١ — قصر الحمراء ... ... للدكتور محمد عبد العزيز مرزوق
٩٢ — الصراع الأدبي بين العرب والعجم للدكتور محمد نبيه حجاب
٩٣ — حرب الانسان ضد الجوع وسوء التغذية... ... } للدكتور محمد عبدالله العربي
٩٤ — ثروتنا المعدنية ... ... للدكتور محمد فهيم
٩٥ — تصويرنا الشعبي خلال العصور للأستاذ سعد الخادم
٩٦ — منشآتنا المائية عبر التاريخ للأستاذ عبدالرحمن عبد التواب

١١٨ — أضواء جديدة على الحروب الصليبية للدكتور سعيد عبد الفتاح عاشور
١١٩ — الأمم المتحدة وممارسة نظامها للدكتور سليمان محمود سليمان
١٢٠ — أسرار المخلوقات المضيئة ... للدكتور عبد المحسن صالح
١٢١ — التاريخ والسير ... ... للدكتور حسين فوزى
١٢٢ — تطور المجتمع الدولى ... ... للدكتور يحيي الجمل
١٢٣ — الاستعمار والتحرير فى العالم العربى للدكتور جمال حمدان
١٢٤ — الآثار المصرية فى الأدب العربى للدكتور احمد احمد بدوى
١٢٥ — الإسلام والطب ... ... للأستاذ محمد عبد الحميد البوشى
١٢٦ — الحلى فى التاريخ والفن ... للدكتور عبد الرحمن زكى
١٢٧ — نافذة على الكون ... ... للدكتور إمام إبراهيم احمد
١٢٨ — الفلاح فى الأدب العربى ... للأستاذ محمد عبد الغنى حسن
١٢٩ — ثروتنا المائية ... ... للدكتور أنور عبد العليم
١٣٠ — التفكير عند الإنسان ... للدكتور أحمد فائق
١٣١ — رحلات الحيوان والطيور ... للدكتور مريد تينى حنا
١٣٢ — النيل فى عصر المماليك ... للدكتور محمود رزق سليم
١٣٣ — الفلسفة فى الميثاق ... ... للدكتور يحيي هويدى
١٣٤ — ريتشارد فاجنر ... ... للدكتور فؤاد زكريا
١٣٥ — قصة الألمونيوم ... ... للدكتور أنور محمود عبد الواحد

الثمن قرشان

مطابع دار القلم